N° 4 28 FÉVRIER 1930

Revue générale des Sciences pures et appliquées

Fondateur : Louis OLIVIER (1890-1910) — Directeur : J.-P. LANGLOIS (1910-1923)

Directeur : Louis MANGIN, Membre de l'Institut, Directeur du Muséum national d'Histoire Naturelle

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Ch. DAUZATS, 8, place de l'Odéon, Paris, — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Sciences médicales.

Le timbre antituberculeux.

La tuberculose étant une maladie qui amène, dans la race humaine, de très nombreuses pertes, et d'autant plus qu'elle se propage par un microbe qui atteint l'homme d'une façon inattendue, il importe de combattre ce mal désastreux qui peut de plus en plus réduire l'espèce humaine. C'est pour ce motif que l'on s'est efforcé d'assurer un fort groupement d'argent pour soigner très promptement et guérir dans la mesure du possible tous ceux qui sont atteints par ce mal. Dans ce but, on a imaginé de créer le timbre antituberculeux dont la vente permet de réunir de fortes sommes pour soigner les tuberculeux et tâcher, malgré toute la difficulté qui se présente, de faire disparaître leur maladie.

Malheureusement, le système créé est, par lui-même, complètement défavorable et dangereux. On pourrait même dire que le timbre antituberculeux est un timbre tuberculeux. Ces sortes de timbres, de même que tous les timbres-poste, dont le plus grand nombre des personnes mouille la colle avec sa langue pour les placer sur les enveloppes, ont déjà traîné partout et ont ensuite été frot'és par les mains de tous dans les grands dépôts, dans les bureaux de poste, dans les débits de tabac et pour leur emploi courant, de sorte qu'ils exposent à recevoir des microbes tuberculeux qui ont été facilement retenus par la colle.

Un procédé recommandable pour coller les timbres, consistant à les passer sur un mouilloir, est beaucoup trop rarement pratiqué. On devrait le rendre absolument obligatoire; tous les particuliers aussi devraient l'appliquer. Tenant compte des difficultés qu'il y a à faire observer cet usage, nous avons songé à un système nouveau qu'il faudrait employer, afin de détourner le danger de tous les timbres pour la propagation de la tuberculose, timbres-poste ordinaires ou antituberculeux.

Ce qui nous paraîtrait susceptible d'amener un heureux résultat, ce serait de mettre derrière tous les timbres une colle qui tout en étant saine entièrement par elle-même et n'offrant aucun danger, contiendrait une substance ayant une amertume accentuée et un goût spécial peu agréable qui feraient gémir celui qui le porterait à la bouche. Il serait amené ainsi à se servir forcément du mouilloir, et à ne plus risquer de s'introduire dans l'organisme des microbes amenant la tuberculose ou d'autres maladies encore. Ce serait une heureuse réforme pour la santé générale, beaucoup de très mauvaises maladies pouvant se répandre de cette façon sans qu'on s'en doute. Mais nous faisons appel à la compétence des chimistes très érudits pour qu'ils découvrent quelle pourrait bien être la substance capable de remplir le rôle si utile sur lequel nous appelons fortement l'attention.

Gustave Regelsperger.

§ 2. — Art de l'Ingénieur.

Conditions de réception des bétons à l'étranger

En France, les conditions de réception des ciments sont réglées par le Règlement des conditions générales applicables aux marchés de fournitures de liants hydrauliques.

Les conditions de réception, à l'étranger, ne sont pas comparables aux nôtres, et on ne peut pas, pour classer ces ciments, se fier uniquement aux indications numériques fournies par les divers essais.

En Allemagne : Le béton doit, en général, être mélangé par proportions évaluées en poids.

Les proportions peuvent, toutefois, être aussi mesurées par des auges, chaque espèce de matière étant mesurée dans une auge particulière. Chacune de ces auges, remplie et nivelée à plat doit contenir les qualités de matière qui correspondent aux proportions de poids prescrites, la vérification en étant faite par une balance sûre.

Le béton ne doit être préparé qu'en quantité nécessaire pour un emploi immédiat. Il doit être utilisé aussitôt et pilonné uniformément, jusqu'à ce que l'eau apparaisse à la surface supérieure. Pour le pilonnage, on emploie des pilons de forme et de poids convenables.

Il faut veiller avec une attention particulière à ce que les fers occupent exactement les positions prévues et à ce qu'ils soient bien enrobés dans le mortier de ciment. Le béton doit être posé par couches successives, de 15 centimètres d'épaisseur au plus, des parois continues doivent être attaquées sur toute leur longueur et montées uniformément. On doit veiller dans ce travail à un bon raccord avec les parties transversales. Les couches qui limitent un étage doivent être nivelées horizontalement; les coffrages doivent offrir une résistance suffisante contre la déformation par flexion, ainsi que contre les trépidations produites par le pilonnage, et ils doivent être constitués de manière à ce qu'on puisse les enlever sans danger tout en laissant les étais nécessaires ; lors des enlèvements des coffrages et des étais, il faut éviter la trépidation.

Lorsqu'il faut ajouter une nouvelle couche à une couche fraîche de béton, il suffit de mouiller cette dernière; lorsqu'on continue à travailler sur du béton durci, il faut décaper la vieille couche, la balayer proprement et la mouiller.

Pour exécuter des murs et des piliers dans des constructions à plusieurs étages, on ne pourra entreprendre le travail dans un étage supérieur qu'après la réception de l'étage précédent.

En temps de gelée, il n'est pas permis de travailler, si l'on ne peut se soustraire aux influences nuisibles de la gelée. Après une longue période de gelée et en cas d'une température plus douce, le travail ne peut être repris qu'avec l'assentiment des agents de l'administration.

Jusqu'à ce que le béton ait suffisamment durci les parties de la construction doivent être protégées contre l'influence de la gelée et contre un desséchement trop rapide, ainsi que contre les trépidations et les surcharges. Les coffrages latéraux des poutres en béton et les coffrages des hourdis jusqu'à 1 m. 50 de portée ne peuvent être enlevés que trois jours au moins après l'achèvement du pilonnage.

Si le pilonnage a été terminé peu de temps avant l'apparition des gelées, il faut apporter des précautions particulières pour l'enlèvement des coffrages et des étais.

Si pendant le durcissement il se produit de la gelée, il faut, eu égard à ce que ce durcissement du béton est retardé par le froid, prolonger de la durée de la gelée les délais indiqués plus haut.

Un journal est tenu pour noter la marche des travaux; il sera en permanence au chantier, prêt à être consulté. On y notera spécialement les journées de gelées avec l'indication des degrés de froid et des heures auxquelles ces degrés ont été observés.

En Suisse : Gravier et sable seront propres et libres de toutes particules terreuses.

Le gravier ne sera pas gélif; la grosseur en pourra varier de 3 à 30 millimètres.

Le sable sera, autant que possible, à grains anguleux et de grosseur variable, de 5 mm. de diamètre au plus; il ne doit pas contenir plus de 10 % de grains fins passant au tamis à trous de 0 mm.5 de diamètre.

On déterminera par des essais le mélange de sable et de gravier qui donne le béton le plus compact. A défaut de ces essais, il convient d'adopter la proportion de 1 volume de sable à 1,5 ou 2 volumes de gravier.

Lorsque le sable et le gravier sont déjà mêlés naturellement, il y a lieu de vérifier si le mélange en est convenable et de l'améliorer au besoin.

Béton : Le mélange doit être dosé au poids pour le ciment Portland et au volume pour le sable et le gravier. Le béton se fait normalement avec 300 kilos de ciment Portland par mètre cube de sable et de gravier mélangés, soit pour 0 m. 38 de gravier et 0 m. 34 de sable.

Le béton doit, autant que possible, être gâché à la machine. La résistance à la compression du béton conservé à l'air humide pendant vingt-huit jours, devra être d'au moins : 150 kilos par centimètre carré s'il a été gâché en consistance plastique; de 200 kilos s'il a été gâché en consistance de terre humide.

Les essais de résistance du béton seront faits au laboratoire fédéral d'essai des matériaux sur des échantillons préparés au chantier. On adressera à cet effet au laboratoire pour chaque essai, soit trois cubes de 16 centimètres de côté, soit trois prismes de 36, 12, 12 centimètres.

Ces derniers échantillons serviront aussi à déterminer la résistance à la traction au moyen d'essais à la flexion. Les échantillons seront préparés sous la surveillance du conducteur des travaux, avec le béton même qui est mis en œuvre.

Le béton sera préservé de tout ébranlement et des changement brusques de température pendant trois jours au moins. Il faudra s'assurer que la prise du béton est suffisante avant d'enlever les coffrages et les bois d'échafaudage qui ne supportent pas directement l'ouvrage. On ne devra y procéder que trois jours au moins après l'achèvement du bétonnage.

Les étais supportant le béton ne devront pas être ôtés avant :

10 jours pour les portées inférieures à 3 m.
20 jours pour les portées de 3 à 6 m.
30 jours pour les portées dépassant 6 m.

Il faut prolonger ces délais si la température est inférieure à + 5° C.

Dans les bâtiments à plusieurs étages, le décintrement devra en général commencer par l'étage supérieur. L'entrepreneur ne doit confier la conduite des travaux qu'à des personnes connaissant bien le béton armé. De même le travail ne devra être fait que par des chefs ouvriers de confiance et d'expérience.

L'emploi des pièces en béton armé amenées toutes faites sur le chantier n'est permis que si elles ont durci au moins 20 jours depuis leur fabrication. Ces pièces ne devront pas être chargées avant le 45e jour à partir de la date du moulage.

En Italie : Le ciment exclusivement employé sera du ciment Portland à prise lente, contenu encore dans son enveloppe originaire; il répondra aux exigences suivantes :

a) Invariabilité de volume, répondant aux essais normaux à chaud et à froid.

b) Densité minimum absolue : 3,05.

c) Résidu maximum au tamis de 900 mailles 2 %; de 4.900 mailles : 20 %.

d) La prise de la pâte normale de ciment pur à la température de 15-18° ne devra pas commencer avant une heure, ni finir avant cinq heures ou plus tard, après douze heures. Les épreuves de résistance sur les éprouvettes de mortier normal ($\frac{1}{3}$ en poids) préparées mécaniquement devront donner au moins les résultats suivants :

Au bout de 7 jours de durcissement dont les 6 derniers jours dans l'eau douce : traction en kilogrammes par centimètre carré 16; compression 180.

Au bout de 28 jours de durcissement dont les 27 derniers jours dans l'eau douce : traction en kilogrammes par centimètre carré 20; compression 220.

Toutes les épreuves seront exécutées conformément aux normes établies par l'Association italienne pour l'étude des matériaux de construction.

Pour les travaux à exécuter en présence de l'eau de mer, le ciment devra, en outre, à la demande de la direction des travaux être soumis à des épreuves supplémentaires comme par exemple, l'analyse chimique, les épreuves par immersion et autres.

Le sable naturel ou artificiel devra se composer de grains résistants et non pas excessivement petits; il sera criant à la main et ne laissera aucune trace d'impureté. Il sera exempt de salure, de toute matière terreuse, végétale, vaseuse ou pulvérulente. Dans le cas contraire, il sera lavé jusqu'à ce qu'il possède ces qualités.

Le gravillon devra avoir les dimensions voulues pour passer facilement entre les coffrages et les armatures de fer, ainsi qu'entre ces dernières. En tous les cas, la dimension de 5 centimètres doit être considérée comme un maximum. Si on emploie de la pierre cassée au lieu de gravillon, elle devra provenir d'une pierre compacte, ni marneuse, ni gélive, être exempte d'impuretés et de matières pulvérulentes. La grosseur des parties élémentaires devra correspondre à celle du gravier définitif. Le dosage normal du béton sera de 300 kilogrammes de ciment pour 0 m. 400 de sable sec et non tassé et 0 m. 800 de gravillon. On pourra exiger un mortier plus riche dans des circonstances spéciales; en tout cas cependant, le béton devra être sans vides et compact. L'eau de gâchage, comme l'eau de lavage du gravillon devra être limpide, pure et douce.

La résistance à l'écrasement du béton de dosage normal, après vingt-huit jours de durcissement dans une atmosphère humide, expérimentée sur des cubes de 10 à 15 cm. de côté, suivant la grosseur des parties élémentaires, ne devra pas ressortir à moins de 150 kilogrammes par centimètre carré. Pour des mortiers d'un dosage différent, la résistance à l'écrasement, expérimentée comme il est dit plus haut, ne devra pas être inférieure à cinq fois la charge de sécurité adoptée dans les calculs, avec une tolérance de 10 % relative à la charge moyenne de rupture.

L. P.

***

Agitateur à commande électrique.

Nous croyons devoir citer l'agitateur électro-mécanique transportable, qui vient de faire son apparition et dont l'usage nous paraît devoir se répandre de plus en plus. Autrefois, l'industrie des produits chimiques et autres utilisait, pour mélanger et agiter, des agitateurs à commande par courroie ou roues coniques, qui étaient toujours des appareils fixes à cause du récipient, dont les dimensions interdisaient le déplacement. Quand les vaisseaux mélangeurs étaient installés en plein air, ou quand les réservoirs et cuves devaient être souvent vidés par renversement ou bien enfin quand ces réservoirs se trouvaient installés dans des locaux bas, il fallait procéder à la main pour agiter et mélanger les liquides ou matières, soit à l'aide d'une houlette, soit au moyen d'appareils mélangeurs ou agitateurs mus par manivelles. Ces engins primitifs peuvent être supprimés aujourd'hui, alors qu'on préfère le moteur électrique, commode et utilisé partout dans toutes les insdustries, qui est facilement transportable et dont le poids est suffisamment réduit pour permettre un montage directement sur tout réservoir mélangeur. Le rendement des moteurs électriques étant considérable par unité de poids, l'on peut être sûr de pouvoir augmenter considérablement le rendement du mélangeur, à condition toutefois que le moteur soit directement accouplé avec une hélice par l'intermédiaire d'un arbre mélangeur. La construction d'un tel appareil mélangeur à commande électrique comprend donc un moteur électrique à courant continu ou alternatif, dont l'induit est accouplé directement avec un arbre mélangeur ou agitateur, portant l'hélice destinée au mélange. Comme, dans ce cas, le moteur électrique se trouve

exposé à des vapeurs ou à des gaz, ou encore à l'air humide, il est sage de préférer un type entièrement blindé, dont les enroulements sont faits avec du fil à isolement protecteur. La longueur de l'arbre mélangeur doit être choisie en rapport avec la hauteur du réservoir. Il suffit de faire tourner l'hélice à peu près au milieu de liquide à mélanger, pour obtenir un effet satisfaisant. Le moteur électrique est équipé au moyen d'une articulation, permettant de donner à l'arbre, non seulement une position verticale, mais aussi une inclinaison, allant par exemple jusqu'à 60°, et d'autre part, de fixer directement à la cuve mélangeuse l'appareil mélangeur complet, à l'aide d'un dispositif de fixation et d'une vis de serrage. L'appareil mélangeur entier, étant à commande électrique, est donc facile à échanger, et l'on peut utiliser un seul appareil mélangeur dans plusieurs réservoirs mélangeurs, quand on prend soin de disposer les conducteurs électriques. Quand les cuves sont suffisamment grandes, il est possible d'utiliser deux appareils agitateurs et même davantage dans une même cuve. L'expérience a démontré que l'arbre agitateur ne doit pas avoir une longueur supérieure à 1 mètre, en général : même dans les plus grands réservoirs, un arbre de 1 m. 5 de longueur est largement suffisant.

Les moteurs se font à partir d'une puissance de 1,3 H. P.; le type normal est muni d'un moteur faisant 1.000 tours à la minute avec un arbre de 1 m. de longueur. L'arbre agitateur est en tube d'acier; cet arbre et l'hélice peuvent être nickelés, cuivrés et étamés, plombés ou enfin isolés au caoutchouc, mais ils peuvent être exécutés directement en cuivre ou en bronze. La consommation du courant est des plus modestes.

L.

§ 3. — Géographie.

Un transafricain Angola-Moçambique.

Le chemin de fer du Cap au Caire n'est plus le seul transafricain : de l'Angola au Moçambique, une voie ferrée unira les deux ports de Lobito et de Lourenço-Marquès dans un avenir qui semble prochain et l'importance grandissante que prennent ces deux têtes de ligne nous est exposée par M. Tomas Fernandez, ancien Ministre des Colonies du Portugal, dans une étude des plus intéressantes du Bulletin de la Société Belge d'études et d'expansion.

L'entente cordiale luso-belge a déjà porté des fruits; l'accord concernant le chemin de fer de Benguela a permis d'assister l'an dernier à l'arrivée du rail à la frontière du Congo et de l'Angola : 1.200 kilomètres de voie à travers la région centrale de la colonie portugaise.

En 1927 le chemin de fer de Benguela a déjà transporté 239.000 tonnes de marchandises et 235.000 voyageurs; il a fait une recette de 28 millions de « escudos » (46 millions de francs belges); mais ces chiffres ne sont pas comparables à ce qu'ils seront bientôt car les mines de cuivre de l'Ouest du Congo, dont le centre se trouve à Musonoï, à 1.800 kilomètres de Lobito, pourront envoyer à ce port le métal des gisements encore inexploités; si l'on remarque que le coût total du transport, par terre et par mer jusqu'à Anvers sera, de Lobito, moins élevé que par Beira en Moçambique, on voit dans quelles conditions favorables pourront être exploitées ces mines de l'Ouest et quel énorme trafic sera assuré à ce tronçon de chemin de fer transafricain, surtout si l'on songe qu'un embranchement éventuel vers la Rhodésie du Nord drainera encore les produits de cette région du Zambèze jusqu'à Lobito.

D'ailleurs ce port possède déjà un quai de 236 mètres de longueur dont on prévoit l'augmentation d'étendue.

Le second tronçon, celui de Prétoria à Lourenço-Marquès est ouvert au trafic depuis 1895. Le Transvaal trouvait à ce port de la côte orientale d'Afrique son débouché naturel vers la mer, aussi n'est-il pas surprenant que Lourenço-Marquès ait une avance considérable sur Lobito au point de vue de l'importance et de l'outillage.

La rade de Lourenço-Marquès a 30 kilomètres carrés de surface sur 14 kilomètres d'extension. Son outillage est le plus parfait de tous les ports de l'Afrique du Sud. En effet, les quais sont accostables sur 1.620 mètres, on y compte 23 grues électriques dont une de 60 tonnes (la plus puissante de tous les ports du sud); trois bassins d'abri et une forme de radoub; enfin onze hangars couvrant une surface de 22.000 mètres carrés et l'on construit un entrepôt frigorifique pour l'exportation des fruits. Cette énumération doit être complétée par celle de deux grands appareils pour la manutention du charbon dont l'un du système Provay, permet de manipuler 4.800 tonnes de charbon en huit heures de travail.

En 1927 voici quel fut le mouvement de ce port : 771 navires entrés et sortis, d'un tonnage total de 3.700.000 tonneaux de jauge — 72.490 passagers embarqués ou débarqués — 940.000 tonnes de marchandises (dont 530.000 de charbon). La convention conclue en septembre 1927 entre l'union Sud-Africaine et la Colonie de Moçambique pour régler différentes questions relatives à la main-d'œuvre, au trafic par chemin de fer aux tarifs a été passée dans l'esprit le plus amical et avec un vif désir de coopération mutuelle, aussi est-elle un gage certain d'accroissement d'importance du port de Lourenço-Marquès.

En définitive, les deux grandes colonies portugaises d'Angola et de Moçambique voient s'ouvrir devant elles une ère de grande prospérité qui sera due, pour la plus grande part, au Transafricain Est-Occidental dont la construction aura amené le développement plus intensif de Lourenço-Marquès et la création du port de Lobito.

M. R.

ONDES ET CORPUSCULES DANS LA PHYSIQUE MODERNE[1]

L'étude des propriétés des corps matériels permet de les répartir en deux catégories : les corps composés que l'on peut par des opérations appropriées réduire en corps plus simples et les corps simples ou éléments qui, eux, résistent à toute tentative de dissociation. L'étude des lois quantitatives suivant lesquelles les corps simples s'unissent pour former les corps composés a conduit les chimistes depuis un siècle à adopter l'hypothèse suivante : un corps simple serait formé de petites particules toutes identiques qu'on nomme les atomes de ce corps simple ; les corps composés seraient formés de molécules constituées par la réunion de plusieurs atomes de corps simples. Selon cette hypothèse, dissocier un corps composé en le réduisant aux éléments qui le composent, ce serait briser les molécules de ce corps et mettre en liberté les atomes qu'elles contiennent. Le nombre des corps simples actuellement connus est de 89, et l'on croit être sûr que leur nombre total est de 92. Ce serait donc avec 92 genres différents d'atomes que seraient construits tous les corps matériels.

L'hypothèse atomique n'a pas seulement réussi en Chimie, elle a aussi pénétré en Physique. Si les corps matériels sont formés de molécules et d'atomes, leurs propriétés physiques doivent s'expliquer par cette constitution atomique. Les propriétés des gaz, par exemple, devront s'expliquer en admettant qu'un gaz est formé par un très grand nombre d'atomes ou de molécules en mouvement rapide ; la pression du gaz sur les parois du récipient qui le contient sera due au choc des molécules contre les parois ; la température du gaz mesurera l'agitation moyenne des molécules, cette agitation augmentant quand la température s'élève. C'est cette conception de la constitution des gaz qui a été développée sous le nom de théorie cinétique et qui a permis d'expliquer l'origine des lois des gaz réalisées par l'expérience. Si l'hypothèse atomique est exacte, les propriétés des corps solides et liquides devront pouvoir s'interpréter en admettant que dans ces états physiques les molécules ou atomes se trouvent beaucoup plus rapprochés que dans l'état gazeux ; les forces considérables qui s'exercent alors entre atomes et molécules doivent alors rendre compte des propriétés d'incompressibilité, de cohésion, etc., qui caractérisent solides et liquides. La théorie atomique de la matière a été confirmée par de belles expériences comme celles de M. Jean Perrin qui ont permis de mesurer en valeur absolue le poids des divers atomes et leur nombre par centimètre cube. Je dirai ici seulement que le poids des atomes est extraordinairement petit et que leur nombre par centimètre cube est toujours énorme dans les conditions usuelles.

Sans entrer davantage dans le développement de la théorie atomique, nous dirons pour résumer qu'en Physique comme en Chimie l'hypothèse d'après laquelle tous les corps sont composés de molécules elles-mêmes constituées par divers assemblages des atomes élémentaires s'est montrée très fructueuse et doit être regardée comme une bonne représentation de la réalité.

Mais les physiciens ne s'en sont pas tenus là : ils ont voulu aussi savoir comment étaient constitués les atomes eux-mêmes et comprendre en quoi les atomes des divers éléments différaient les uns des autres. Ils ont été aidés dans cette tâche par le progrès de nos connaissances des phénomènes électriques. Dès le début de l'étude des phénomènes électriques, il avait paru utile de considérer l'électricité comme un fluide, de considérer par exemple le courant électrique qui traverse un fil comme l'écoulement du fluide électrique le long du fil. Mais il y a, vous le savez, deux espèces d'électricité : l'électricité positive et l'électricité négative. Il est donc naturel de supposer qu'il existe deux fluides : le fluide électrique positif et le fluide électrique négatif. On peut se figurer ces fluides de deux façons différentes : on peut les imaginer formés par une substance continue occupant uniformément toute la région où se trouve le fluide ou bien on peut au contraire se les représenter comme formés par des nuages de petits corpuscules, chaque corpuscule étant comme une petite boule d'électricité. L'expérience a décidé en faveur de la deuxième de ces conceptions. Elle nous a appris, il y a une trentaine d'années, que l'électricité *négative* est formée de petits corpuscules tous identiques, de masse et de charge électrique extraordinairement petites. Ces corpuscules d'électricité négative sont nommés les *électrons*. On est parvenu à faire sortir des électrons de la matière et à étudier leur manière d'être quand ils se déplacent dans le vide ; on a ainsi vérifié qu'ils se déplacent comme le doivent faire d'après la Mécanique classique de petites particules électrisées et c'est en étudiant la façon dont ces petites particules se comportent en présence de

1. Conférence faite au Conservatoire des Arts et Métiers le 26 janvier 1930, sous la présidence de M. Painlevé, par M. Louis de Broglie, à qui vient d'être décerné le grand prix Nobel.

champs électriques et magnétiques qu'on a pu mesurer leur charge et leur masse qui sont, je le répète, extraordinairement petites. Pour l'électricité positive les preuves de sa structure corpusculaire sont moins directes : néanmoins les physiciens sont parvenus à la conviction que l'électricité positive est, elle aussi, subdivisée en corpuscules tous identiques qu'on nomme maintenant les « protons ». Le proton a une masse qui, bien qu'encore très petite, est près de 2.000 fois plus grande que celle de l'électron; sa charge est égale à celle de l'électron mais de signe contraire, positive au lieu de négative.

Les électrons et les protons ont une masse extraordinairement petite mais néanmoins cette masse n'est pas nulle et un nombre énorme de protons et d'électrons pourra présenter une masse totale notable. Il est donc tentant de supposer que tous les corps matériels essentiellement caractérisés par le fait d'être pesants et inertes, c'est-à-dire par leur masse, sont uniquement formés de protons et d'électrons en nombre énorme. Dans cette manière de voir, les atomes des éléments qui sont les matériaux dont sont construits tous les corps matériels, doivent être formés de protons et d'électrons et les 92 atomes différents des éléments doivent être 92 assemblages différents de protons et d'électrons.

L'idée que les atomes sont formés de protons et d'électrons a pu être précisée grâce surtout aux travaux expérimentaux du grand physicien anglais Sir Ernest Rutherford et aux travaux théoriques du savant danois M. Niels Bohr. L'atome d'un corps simple est formé d'un noyau central portant une charge positive égale à un nombre entier N de fois la charge du proton et de N électrons gravitant autour de ce noyau : l'ensemble est donc électriquement neutre. Le noyau est sans doute lui-même formé de protons et d'électrons, le nombre des protons dépassant de N unités le nombre des électrons. Presque toute la masse de l'atome se trouve concentrée dans le noyau puisque celui-ci contient des protons et que les protons sont beaucoup plus lourds que les électrons. L'atome le plus simple est celui de l'hydrogène constitué par un noyau formé d'un seul proton et par un électron tournant autour de ce proton. Ce qui différencie l'atome d'un élément de l'atome d'un autre élément c'est le nombre N des charges positives élémentaires portées au total par le noyau; on peut donc ranger les corps simples en une série ordonnée suivant les valeurs croissantes de N depuis l'hydrogène ($N = 1$) jusqu'à l'uranium ($N = 92$). On s'est aperçu que cette manière de ranger les corps simples est précisément celle qu'on avait déduite de la valeur des poids atomiques et des propriétés chimiques et qui était connue sous le nom de classification de Mendéléeff.

Je ne puis pas expliquer ici en détail pourquoi l'idée que l'atome est une sorte de petit système solaire formé de protons et d'électrons a eu la faveur des physiciens. Je me bornerai à dire qu'elle a permis non seulement d'interpréter les propriétés chimiques des corps simples mais aussi plusieurs de leurs propriétés physiques telles que la composition du rayonnement lumineux qu'ils sont capables d'émettre dans certaines conditions par exemple quand on les porte à l'incandescence.

Mais il y a un point que nous devons noter. Pour pouvoir développer d'une manière satisfaisante cette théorie de l'atome équivalent à un système solaire, Bohr a dû introduire une idée étrange qu'il a empruntée à la théorie des quanta développée antérieurement par M. Planck. J'ai dit tout à l'heure que dans les expériences où l'on peut suivre le mouvement d'un électron, celui-ci se comporte comme un petit corpuscule de masse très faible et que son mouvement peut se prévoir par application des lois de la Mécanique classique. Mais considérons les mouvements d'un électron sur des trajectoires de très petites dimensions, mouvements que nous ne pouvons pas suivre expérimentalement mais que nous devons imaginer pour développer certaines théories et expliquer certains faits. Planck s'est aperçu par ses calculs que de tels mouvements ne peuvent pas suivre les lois de la Mécanique classique. Plus exactement, parmi tous les mouvements que la Mécanique classique reconnaît comme possibles, certains seulement peuvent être effectivement exécutés par l'électron : ces mouvements privilégiés ont été nommés les « mouvements quantifiés ». Bohr dans sa théorie de l'atome-système solaire a dû reprendre l'idée de Planck car dans les atomes les trajectoires des électrons planètes sont nécessairement de dimensions très petites. Il a trouvé que les électrons ne doivent pouvoir effectuer dans les atomes que des mouments quantifiés et c'est cette circonstance qui donne en quelque sorte la clef de toutes les propriétés des atomes.

Résumons un peu ce qui précède. L'étude des propriétés des corps matériels a conduit les physiciens à considérer la matière comme formée uniquement de petits corpuscules, les électrons et les protons; divers assemblages de ces corpuscules constituent les atomes des 92 corps simples à partir desquels sont formées les molécules des corps composés. Toute la matière se réduirait donc à des corpuscules de masse et de charge

connues dont les mouvements seraient réglés par les lois classiques de la Mécanique.

Cependant quand ils effectuent des mouvements à très petite échelle, ces corpuscules se montrent incapables de prendre tous les mouvements que la Mécanique classique les autoriserait à prendre. Ils ne peuvent prendre que certains mouvements particuliers, les mouvements quantifiés. Cette circonstance étrange nous avertit qu'il est sans doute insuffisant de considérer les éléments ultimes de la matière, les électrons par exemple, comme étant de simples petits corpuscules. La façon dont cette conception des électrons doit être modifiée et complétée a été suggérée par l'étude des phénomènes lumineux. C'est donc de la lumière que nous devons nous occuper maintenant.

***

La lumière qui nous vient du soleil et des étoiles arrive à notre œil après avoir traversé d'immenses espaces d'où la matière est absente : la lumière traverse donc le vide sans difficulté et à la différence du son par exemple, elle n'est pas liée à la matière. La description du monde physique ne serait donc pas suffisante si l'on n'ajoutait pas à la matière une autre réalité indépendante d'elle : la lumière.

Mais qu'est-ce que la lumière ? De quoi est-elle constituée ?

Les philosophes de l'Antiquité et beaucoup de savants jusqu'au début du siècle dernier ont soutenu que la lumière était formée de petits corpuscules en mouvement rapide. La propagation rectiligne de la lumière dans les conditions usuelles, la réflexion de la lumière sur les miroirs s'expliquent immédiatement avec cette hypothèse.

Cette théorie corpusculaire de la lumière a été complètement abandonnée il y a un siècle à la suite des travaux d'Young et de Fresnel. Young et Fresnel ont en effet découvert toute une catégorie de phénomènes lumineux, les phénomènes d'interférences et de diffraction, dont l'interprétation par la théorie corpusculaire est impossible tandis qu'une autre conception, la conception ondulatoire de la lumière, rend compte à la fois, Fresnel l'a admirablement montré, des phénomènes classiques de propagation rectiligne de réflexion et de réfraction et en plus des phénomènes d'interférences et de diffraction.

La conception ondulatoire de la lumière antérieurement soutenue par quelques esprits perspicaces comme Christian Huyghens admet que la propagation de la lumière doit être comparée à la propagation d'une onde dans un milieu élastique comme ces rides qui se déplacent à la surface d'une nappe d'eau quand on y a jeté une pierre. Comme la lumière se propage dans le vide, Fresnel imaginait une sorte de milieu subtil, l'éther, qui imprégnerait tous les corps matériels, remplirait les espaces vides de matière et servirait de support à l'onde lumineuse.

Disons maintenant comment nous devons concevoir une onde. Une onde quand elle se propage librement est analogue à une succession de vagues dont les crêtes sont séparées par une distance constante appelée longueur d'onde. L'ensemble de ces vagues se déplace dans la direction de propagation avec une certaine vitesse, la vitesse de propagation de l'onde, qui pour les ondes lumineuses dans le vide doit être prise égale à 300.000 kilomètres par seconde comme l'ont montré des expériences faites après la mort de Fresnel. En un point fixe de l'espace, les différentes vagues avec leurs crêtes et leurs creux défilent successivement : la grandeur qui se propage par ondes y varie donc périodiquement et la période de cette variation est évidemment égale au temps qui s'écoule entre le passage de deux crêtes consécutives.

Nous venons de voir comment progresse une onde dans une région où rien ne vient entraver sa propagation. Les choses se passent différemment si l'onde en se propageant vient se heurter à des obstacles, par exemple si elle rencontre des surfaces planes qui l'arrêtent ou la réfléchissent ou bien si elle doit passer au travers d'ouvertures percées dans des écrans ou bien encore si elle rencontre des centres qui la diffusent. Alors l'onde sera comme déformée et repliée sur elle-même de sorte qu'au lieu d'avoir affaire à une onde simple, on a affaire à une superposition d'ondes simples. L'état vibratoire résultant en chaque point dépend alors de la façon dont les effets des diverses ondes simples s'ajoutent ou se contrarient. Si les ondes simples ajoutent leurs effets, si elles sont, comme l'on dit, en concordance de phase, la vibration résultante sera très forte ; si, au contraire, les ondes se contrarient, si elles sont en opposition de phase, alors la vibration peut être faible ou même nulle. Or on peut montrer que le fait qu'il y ait en un point concordance ou discordance de phase dépend essentiellement de la longueur d'onde de l'onde qui est venue se heurter aux obstacles. En résumé, la présence d'obstacles troublant la propagation de l'onde provoque l'apparition d'une répartition compliquée des intensités de vibration, répartition qui dépend essentiellement de la longueur d'onde de l'onde incidente. Ce sont là les phénomènes d'interférences ou de diffraction.

Si l'on adopte l'idée que la lumière est formée d'ondes, on est donc amené à prévoir que, si des obstacles s'opposent à la libre progression d'un faisceau de lumière, des phénomènes d'interférences ou de diffraction vont apparaître. Dans la région des interférences, la répartition de la lumière sera compliquée mais pourra se prévoir aisément à partir de la longueur d'onde, c'est-à-dire, nous allons le voir, de la couleur de la lumière employée. Or, dans ces conditions, Young et Fresnel ont montré que la lumière présente effectivement des phénomènes d'interférences ou de diffraction et Fresnel a, de plus, montré que la conception ondulatoire de la lumière suffit à expliquer dans tous leurs détails tous les phénomènes d'interférences et de diffraction observés. Au contraire la théorie qui considère la lumière comme formée par de simples corpuscules en mouvement ne peut pas définir la longueur d'onde et est totalement incapable d'interpréter les interférences. A partir de Fresnel et pendant tout le siècle dernier, la nature purement ondulatoire de la lumière a été admise sans contestations.

Vous savez qu'il existe diverses sortes de lumières simples, chacune d'elle correspondant à une « couleur » bien déterminée. La lumière blanche émise par les corps incandescents, une lampe électrique par exemple, est formée par une suite continue de lumières simples dont les couleurs varient progressivement par transitions insensibles du violet au rouge et qui forme le « spectre ». La théorie ondulatoire de la lumière est tout naturellement amenée à caractériser chaque sorte de lumière, chaque composante du spectre par une longueur d'onde : elle fait donc correspondre la *longueur d'onde* à la *couleur*. Comme les phénomènes d'interférences dépendent de la longueur d'onde, ils permettent de mesurer les longueurs d'onde correspondant aux diverses couleurs du spectre. On a pu ainsi constater que la longueur d'onde varie en croissant d'une façon continue depuis l'extrémité violette du spectre où elle est de 4 dix-millièmes de millimètre, jusqu'à l'extrémité rouge où elle atteint 8 dix-millièmes de millimètre.

Il existe d'ailleurs des ondes de nature analogue à la lumière auxquelles notre œil n'est pas sensible. On a pu les mettre en évidence par divers moyens et mesurer leurs longueurs d'onde. On leur donne le nom général de radiations qui englobe aussi la lumière. Certaines radiations (ultra-violet, rayons X et γ) ont une longueur d'onde plus petite que celle des lumières du spectre, d'autres (infra-rouge, ondes hertziennes) ont au contraire une longueur d'onde plus grande que celle de la lumière. Nous noterons seulement ici que les rayons X ont des longueurs d'onde de l'ordre de un dix-millionième de millimètre; elles sont beaucoup plus petites que les longueurs d'ondes lumineuses.

***

Donc il y a trente ans, nul ne mettait plus en doute la nature ondulatoire de la lumière. Mais, depuis ce moment, on a découvert des phénomènes produits par les radiations et jusqu'alors inconnus qui ne paraissent explicables que par la conception corpusculaire. Le principal de ces phénomènes est l'effet photoélectrique. Voici en quoi il consiste : quand on éclaire un morceau de matière, un métal par exemple, avec de la lumière ou des rayons X, ce morceau de matière expulse des électrons en mouvement plus ou moins rapide. L'étude de ce phénomène a montré que la vitesse des électrons expulsés ne dépend que de la longueur d'onde de la radiation incidente et de la nature de la matière irradiée; elle ne dépend aucunement de l'intensité de la radiation incidente et c'est seulement le nombre des électrons expulsés qui dépend de cette intensité. De plus l'énergie des électrons expulsés varie en raison inverse de la longueur d'onde de l'onde incidente. Einstein en réfléchissant à ce phénomène s'est aperçu que, pour l'expliquer, il fallait en revenir à une structure corpusculaire de la lumière. Il a admis que les radiations sont formées de corpuscules transportant une énergie inversement proportionnelle à la longueur d'onde et a montré que les lois de l'effet photoélectrique se déduisent facilement de cette hypothèse.

Et alors les physiciens se sont trouvés bien embarrassés parce que d'un côté, il y a l'ensemble des phénomènes d'interférences ou de diffraction qui montrent que la lumière est formée d'ondes et, de l'autre côté, il y a le phénomène photoélectrique et d'autres phénomènes encore qui montrent que la lumière est formée de corpuscules, de photons comme on dit à présent! Et encore la nouvelle théorie corpusculaire d'Einstein se sert-elle pour définir l'énergie du corpuscule de la notion de longueur d'onde qui est étrangère à une conception strictement corpusculaire!

La seule manière de sortir de la difficulté est d'admettre que la lumière est formée d'ondes et de corpuscules si étroitement liés ensemble qu'ils constituent comme deux faces complémentaires de la réalité. Chaque fois qu'une radiation échange de l'énergie avec la matière, cet échange peut se décrire comme étant l'absorption ou l'émission par la matière d'un photon et quand

on veut décrire le déplacement des corpuscules de lumière dans l'espace, il faut avoir recours à la propagation de l'onde. En approfondissant cette idée, on est conduit à admettre que la densité du nuage de corpuscules qui constitue l'onde lumineuse est toujours en tout point égale à l'intensité de l'onde associée. On parvient ainsi à une synthèse des deux anciennes théories rivales de la lumière et l'on peut expliquer à la fois les interférences et l'effet photoélectrique. Le grand intérêt de cettte synthèse c'est de nous révéler que ondes et corpuscules sont intimement liés dans la nature du moins dans le cas de la lumière. Mais, s'il en est ainsi pour la lumière, ne peut-on pas supposer qu'il en est de même pour la matière? Tout l'effort des physiciens avait jusqu'ici tendu à réduire la matière à n'être qu'un vaste ensemble de corpuscules, électrons et protons. Mais de même qu'un photon ne peut être conçu sans une onde qui l'accompagne, ne doit-on pas penser que les corpuscules de matière, eux aussi, sont toujours escortés d'une onde? Telle est la question capitale qui maintenant se pose à nous.

*
**

Supposons que les corpuscules de matière, les électrons par exemple, soient toujours accompagnés d'une onde. Le corpuscule et l'onde étant intimement liés, le mouvement du corpuscule et la propagation de l'onde ne sont pas indépendants et aux grandeurs mécaniques, vitesse et énergie du corpuscule, on doit pouvoir relier les grandeurs caractéristiques de l'onde, longueur d'onde et vitesse de propagation. En s'inspirant de la liaison qui doit exister entre les photons et les ondes lumineuses associées, on peut en effet établir ce parallélisme et cette théorie de la liaison entre les corpuscules matériels et leurs ondes associées est connue aujourd'hui sous le nom de Mécanique ondulatoire. Je ne puis naturellement pas vous exposer ici en détails cette Mécanique. Je me bornerai à vous dire qu'elle aboutit à attribuer à la longueur d'onde de l'onde associée à un corpuscule matériel une valeur qui varie en raison inverse de la vitesse du corpuscule. Plus le corpuscule se meut rapidement, plus petite est la longueur d'onde de son onde associée.

Lorsque l'onde se propage librement dans une région de l'espace qui est de grandes dimensions par rapport à sa longueur d'onde, la nouvelle Mécanique conduit à attribuer au corpuscule associé à l'onde le mouvement même qui était prévu par les lois de l'ancienne Mécanique. Il y a donc alors accord entre l'ancienne et la nouvelle Mécanique. C'est en particulier ce qui a lieu pour les mouvements des électrons que nous pouvons observer directement et l'on s'explique ainsi pourquoi l'étude des mouvements des électrons à grande échelle avait conduit à les considérer comme de simples corpuscules se déplaçant suivant les lois classiques de la Mécanique.

Mais il y a deux cas où les lois classiques de la Mécanique ne parviennent plus à décrire le mouvement des corpuscules tel que le prévoit la nouvelle théorie. Le premier cas est celui où la propagation de l'onde associée est restreinte à une région de l'espace dont les dimensions sont de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde. C'est ce qui arrive pour un électron à l'intérieur d'un atome. L'onde associée à l'électron est alors obligée de prendre la forme d'une onde *stationnaire* analogue aux ondes élastiques stationnaires dont une corde fixée aux deux bouts peut être le siège ou aux ondes électriques stationnaires qui peuvent s'établir dans une antenne de T.S.F. La théorie montre que ces ondes stationnaires ne peuvent avoir que certaines longueurs d'onde bien définies auxquelles correspondent certains états de mouvement bien définis de l'électron associé; ces mouvements sont précisément les « mouvements quantifiés » introduits par Bohr dans sa théorie de l'atome et l'on s'explique ainsi le fait jusqu'alors très mystérieux que ces mouvements quantifiés soient les seuls possibles pour l'électron enfermé dans l'atome.

Il y a un second cas où le mouvement de l'électron ne doit pas d'après la Mécanique nouvelle obéir aux lois classiques : c'est celui où son onde associée se heurte à des obstacles au cours de sa propagation. Il se produit alors des interférences et le mouvement du corpuscule associé n'est plus du tout celui que prévoit la Mécanique classique. Pour nous rendre compte de la façon dont les choses se passent, laissons-nous guider par l'analogie avec les radiations. Supposons que nous envoyons une radiation de longueur d'onde connue sur un dispositif susceptible de donner lieu aux interférences. Puisque nous savons que les radiations sont formées de photons, nous pouvons dire aussi bien que nous envoyons un essaim de photons sur le dispositif en question. Dans la région où les interférences se produisent, les photons se répartissent de telle façon qu'ils se trouvent concentrés là où l'intensité est la plus grande. Si maintenant nous envoyons sur le même dispositif non plus une radiation mais un faisceau d'électrons dont l'onde associée a même longueur d'onde que la radiation précédemment employée, l'on-

se manifeste de la même manière que précédemment, puisque c'est la longueur d'onde qui règle le phénomène d'interférences. Il est alors tout naturel de penser que les électrons vont être soumis à de l'intensité de l'onde est la plus grande, se fixeront, dans cette nouvelle expérience, les électrons vont se répartir dans l'espace comme le faisaient les photons dans la première expérience. Si l'on peut établir qu'en fait il en est bien ainsi on aura établi par là même l'existence de l'onde associée aux électrons et l'on pourra en mesurer la longueur d'onde pour voir si les formules de la Mécanique ondulatoire sont vérifiées.

prévoit que si l'on place une plaque photographique perpendiculairement au faisceau incident de la manière indiquée dans la figure 1, les rayons X doivent venir impressionner la plaque photographique suivant des cercles centrés sur la direction du faisceau incident. L'expérience vérifie bien en effet que l'on obtient sur la plaque des anneaux qui sont noirs sur la plaque elle-même et blancs si on fait le positif (cliché 1).

Le diamètre des anneaux dépend de la nature de la substance cristalline employée comme diffuseur et de la longueur d'onde de la radiation. Quand on emploie avec le même diffuseur des radiations X de longueur d'ondes de plus en

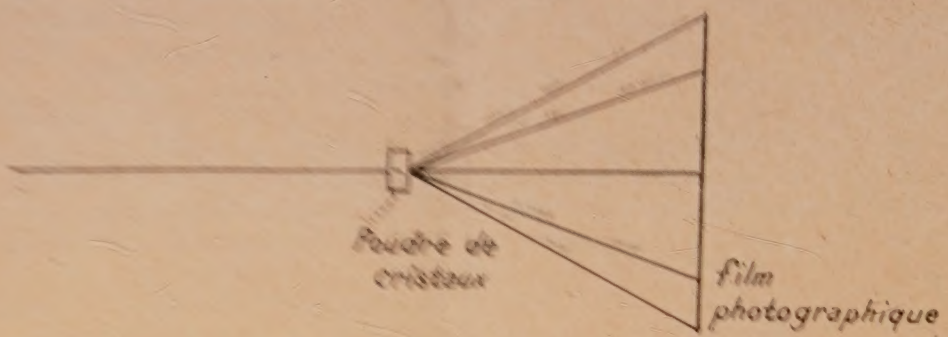


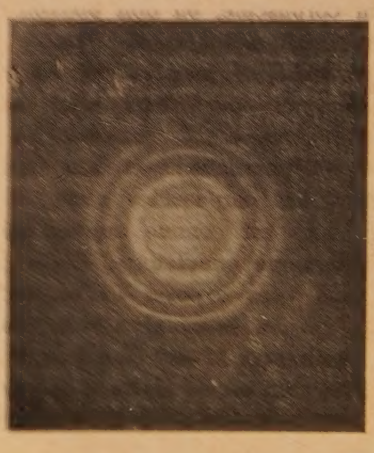
Fig. 1.

De la mécanique ondulatoire conduit à attribuer aux électrons animés des vitesses usuelles, réalisées dans les expériences une onde associée dont la longueur d'onde est de l'ordre de celle des rayons X (un dix-millionième de millimètre). Pour mettre en évidence l'onde des électrons, il faut donc chercher à réaliser avec eux des phénomènes d'interférences analogues à ceux que l'on obtient avec les rayons X. Des phénomènes de ce genre ont été effectivement obtenus. Les premiers physiciens qui aient parvenus à les constater sont MM. Davisson et Germer du laboratoire Bell à New-York. Mais je ne vous décrirai pas leurs expériences, je vais vous parler plutôt des belles expériences d'un genre analogue bien qu'un peu différent qui ont été faites depuis par le Professeur G. P. Thomson en Angleterre et par M. Tarrio en France car M. Pauly a eu la grande amabilité de me prêter des clichés qui vont me permettre de vous montrer les résultats sous les yeux.

Lorsqu'on envoie un faisceau de rayons X sur une poudre de petits cristaux orientés en tous sens, les rayons X sont diffusés par les molécules régulièrement disposées qui se trouvent dans les petits cristaux et il se produit des interférences entre les rayons X diffusés. La théorie

plus petite le système des anneaux reste le même, mais se resserre vers le centre.

On peut d'ailleurs employer à la place d'une poudre de petits cristaux une lame métallique

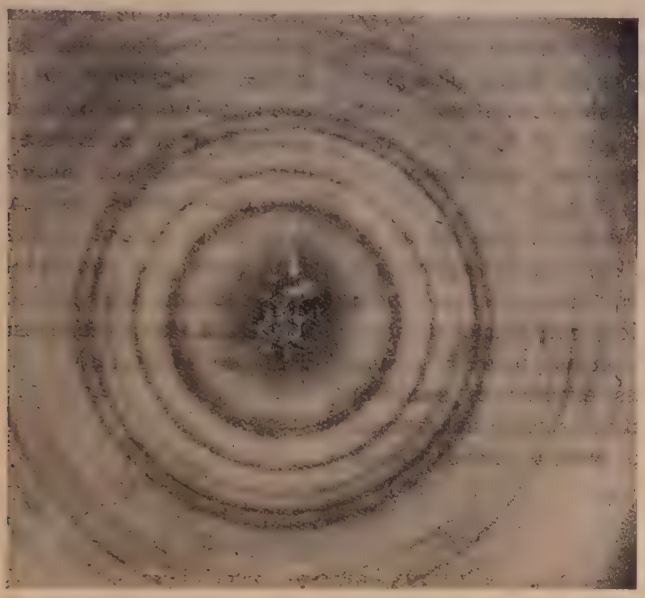


Cliché 1.

très mince, un film métallique car l'étude de la structure des métaux a montré que les métaux sont formés par un conglomérat de petits cristaux enchevêtrés.

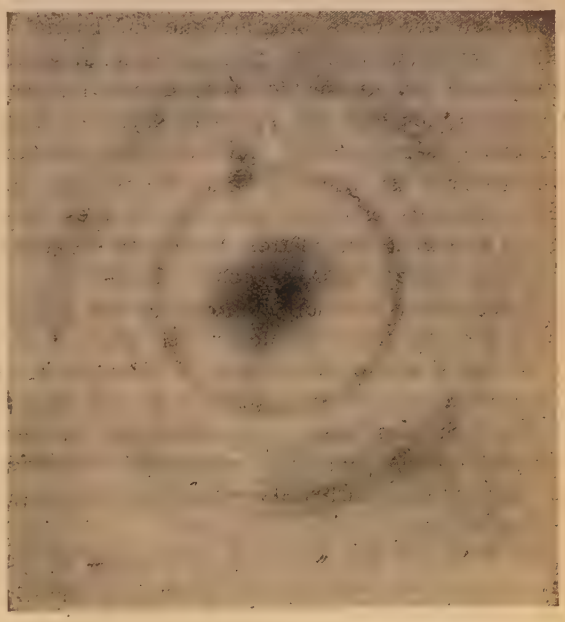
Les expériences que nous venons de décrire dont les premières paraissent avoir été faites par mon frère Maurice dès avant la guerre sont

généralement connues sous le nom d'expériences de Debye et Scherrer. Elles prouvent la nature ondulatoire des rayons X mais cette nature ondulatoire était déjà connue avant ces expériences. Si l'on parvient à répéter l'expérience avec des électrons, on aura obtenu une preuve du caractère ondulatoire de l'électron. C'est ce qu'ont pu réaliser MM. Thomson et Ponte. Voici comment a opéré M. Ponte : il envoie un faisceau d'électrons sur un film d'oxyde de zinc formé de petits cristaux d'oxyde de zinc. En plaçant une plaque photographique comme je l'ai indiqué plus haut, il obtient des clichés tels que le suivant (cliché 2).



Cliché 2.

Cliché 3.



Cliché 4.

Le diamètre des anneaux est exactement celui que prévoient les formules de la Mécanique ondulatoire. Ces formules, nous l'avons vu, nous apprennent que la longueur d'onde de l'onde

associée aux électrons est d'autant plus petite que la vitesse des électrons est plus grande. Donc si l'on envoie d'abord sur l'oxyde de zinc des électrons ayant une certaine vitesse on obtient un certain système d'anneaux (cliché 3); si l'on envoie ensuite des électrons de vitesse plus grande, on obtient le même système d'anneaux mais resserré vers le centre (cliché 4). L'accord avec les prévisions de la Mécanique ondulatoire est quantitatif à moins de 1 % près.

Les expériences de Davisson et Germer, de G. P. Thomson, de Ponte et d'autres encore ont prouvé que l'électron n'est pas un simple petit corpuscule : il est à la fois corpuscule et onde. Il en est sans doute de même pour le proton comme de toutes récentes expériences semblent le prouver. Comme la matière semble uniquement formée d'électrons et de protons, nous voyons que la matière *comme la lumière* est formée d'ondes et de corpuscules. Matière et Lumière apparaissent ainsi comme beaucoup plus semblables qu'on ne le pensait au temps encore peu lointain où l'on considérait la matière comme formée uniquement de corpuscules. La Mécanique ondulatoire a donc embelli et simplifié notre conception de la Nature et de plus elle a conduit à prévoir ces phénomènes d'interférences et de diffraction des électrons dont je viens de vous montrer la preuve expérimentale. On peut donc dire qu'un pas important vient d'être accompli sur la longue route qui conduit peu à peu l'esprit humain à une connaissance plus exacte des secrets de la Nature.

Louis de Broglie.

LA NAVIGATION DU RHIN

(Suite et fin)

III

Le régime du fleuve.

Les variations moyennes du niveau. — Si l'on considère une carte orographique du bassin du Rhin, on voit que le fleuve, dans sa partie supérieure, en amont de Bâle, draine les eaux de montagnes dont les sommets dépassent 2.000 et 3.000 mètres, tandis que, en aval de Bâle, les affluents du Rhin ne drainent les eaux que de montagnes et de collines peu élevées, atteignant rarement 800 mètres. Seules les Vosges et la Forêt-Noire dépassent cette altitude.

Il résulte de cette disposition orographique que le cours supérieur du fleuve est alimenté surtout par la fonte des neiges et des glaces qui recouvrent les hautes montagnes de son bassin; tandis que, dans son cours moyen et inférieur, l'appoint de la fonte des neiges est insignifiant et que ce sont surtout les pluies qui alimentent ses affluents.

Or la fonte des neiges et des glaces se produit surtout en été : c'est en été que, de ce chef, le niveau du Rhin doit monter. Les pluies, au contraire, surtout sur les collines qui bordent la vallée du Rhin, sont plus abondantes en hiver qu'en été (en été d'ailleurs la pluie est en partie absorbée par les infiltrations, la végétation et l'évaporation) : c'est donc en hiver que l'appoint des pluies est sensible. En toutes saisons, par suite, qu'elles résultent des pluies ou de la fonte des neiges, les eaux que roule le Rhin sont abondantes.

Tel est le schéma général du régime du fleuve, et c'est à cet heureux balancement entre les pluies et la fonte des neiges que le fleuve doit d'être navigable toute l'année sur une grande partie de son cours.

Examinons maintenant d'un peu plus près les différentes phases de ce régime.

A Bâle, le fleuve a déjà un débit qui, même aux basses eaux (330 mètres cubes à la seconde), est la moitié du débit à Cologne (660 mètres cubes). C'est dire que le niveau des eaux à Bâle a une influence considérable sur le niveau en aval, et sur tout le cours du fleuve.

Le tableau suivant donne, en centimètres, le niveau des eaux chaque mois à Bâle par rapport au niveau moyen de l'année, les nombres négatifs correspondant aux hauteurs d'eau inférieures à ce niveau moyen.

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
—63	—65	—35	—6	36	80	75	56	23	—9	—34	—48

La courbe est régulière, avec minimum en février, maximum en juin. La fonte des neiges commence à la fin d'avril dans les parties basses de la montagne, se continue en mai, juin, juillet et août par la fonte des glaces alpestres. De mai à septembre, les eaux sont au-dessus du niveau moyen. En hiver presque toutes les précipitations

se produisent en Suisse sous forme de neige, le ruissellement est insignifiant et le niveau du fleuve ne cesse de baisser jusqu'à la fin de l'hiver.

Les lacs que traversent le Rhin et ses affluents (lacs de Constance, de Neuchâtel, des Quatre-Cantons, de Zurich) jouent un rôle important pour régulariser le débit du fleuve. Ces grands lacs se vident plus lentement qu'ils ne se remplissent et étalent ainsi sur plusieurs jours, et même plusieurs semaines, les crues rapides et torrentielles du Rhin supérieur et de ses affluents. Ils clarifient en outre les eaux à leur passage et ils diminuent les alluvions que le fleuve charrie en aval.

De Bâle à Mannheim, le Rhin se grossit des affluents qui viennent des Vosges et de la Forêt-Noire, et qui augmentent son débit moyen de 200 à 250 mètres cubes (débit moyen à Bâle 865 m. c., à Mannheim 1.160 m. c.). Mais le régime de ces affluents est sensiblement le même que celui du Rhin suisse, si bien que la variation annuelle du niveau du fleuve à Strasbourg et à Mannheim est très sensiblement analogue à la variation à Bâle, ainsi que le montre le tableau suivant, correspondant à Strasbourg et à Mannheim.

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Strasbourg											
—12	—57	—51	—8	63	76	66	32	—3	—25	—40	—41
Mannheim											
—45	—49	—27	1	43	90	76	45	5	—38	—53	—49

Le maximum a toujours lieu en juin, le minimum en février à Strasbourg, en novembre à Mannheim, mais nous avons en janvier une montée légère du niveau, due aux pluies qui tombent en cette saison sur les Vosges et la Forêt-Noire.

L'amplitude des deux variations, 147 cm. à Bâle, 133 cm. à Strasbourg, 142 cm. à Mannheim est sensiblement analogue.

Ce n'est pas simplement la variation annuelle du niveau qui conserve la même allure; les variations accidentelles se propagent entre Bâle et Mannheim avec une vitesse à peu près toujours la même : 38 heures de Bâle à Strasbourg, 100 heures de Bâle à Mannheim.

En aval de Mannheim, les apports que reçoit le fleuve ne dépendent plus de la fonte des neiges, mais des pluies, dont le ruissellement est beaucoup plus important en hiver qu'en été. A mesure qu'on se rapproche de l'embouchure, l'influence des pluies d'hiver est d'autant plus marquée. La courbe de la variation annuelle présente deux maxima, comme celle de Strasbourg; le maximum d'hiver finit par être plus important que le maximum d'été, qui n'est que la propagation vers l'aval du maximum de Bâle, de plus en plus atténué.

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Mayence											
57	—10	—14	24	25	53	42	12	—12	—32	—27	—18
Cologne											
17	21	81	5	2	26	12	—14	—38	—49	—29	16
Emmerich											
45	44	37	4	—6	14	3	—26	—49	—59	—35	28

A Mayence, les maxima de janvier et de juin sont sensiblement égaux; l'amplitude de la variation annuelle est de 94 cm.

A Cologne, l'amplitude annuelle continue à décroître, elle n'est plus que de 79 cm. Les eaux ne sont nettement au-dessous du niveau moyen que pendant 4 mois de l'année, août, septembre, octobre, novembre. Le maximum de la saison froide commence à être nettement prépondérant.

A Emmerich, l'amplitude annuelle augmente de nouveau : 113 cm., car l'influence de la fonte des neiges est de plus en plus faible, tandis que l'influence des précipitations d'hiver est de plus en plus grande : le maximum d'été est ainsi à peine marqué, le maximum d'hiver est de beaucoup prépondérant.

On peut remarquer en outre qu'aux trois stations, c'est le mois d'octobre qui présente les eaux les plus basses : la fonte des neiges est terminée et les pluies d'hiver n'ont pas encore commencé.

Les variations accidentelles de niveau. — Les niveaux moyens mensuels que nous venons d'examiner, ne donnent, comme toutes les moyennes, qu'un aspect général du régime du fleuve. Puisque ce régime dépend de deux facteurs météorologiques essentiellement variables d'une année à l'autre, les précipitations et la température, il faut s'attendre à enregistrer des variations accidentelles importantes dans le niveau du fleuve.

Si la neige est peu abondante, ou si la température d'été est basse, la fonte des neiges n'apportera pas des eaux abondantes, et le maximum d'été du niveau du Rhin suisse sera à peine marqué. Si l'hiver est froid dans le bassin inférieur, et si les précipitations ont lieu sous forme de neige, le ruissellement sera très faible, et le maximum d'hiver sur le Rhin inférieur sera très atténué.

Si, à un hiver très neigeux, succède un printemps très doux et pluvieux, la fonte des neiges coïncidant avec les précipitations causera une montée rapide et importante du niveau.

Enfin, il ne faut pas perdre de vue que le Rhin coule sur plus de 5 degrés de latitude, et que les conditions météorologiques qui règnent en Suisse peuvent être fort différentes de celles qui règnent au même instant au Pays-Bas les effets qui en

résultent pour le régime du Rhin peuvent s'ajouter ou se combattre.

Beaucoup d'affluents du Rhin, même dans son cours moyen, conservent un caractère torrentiel, et leurs crues peuvent être très rapides.

Ces considérations expliquent que le niveau du Rhin varie, en réalité, dans des limites beaucoup plus étendues que celles indiquées plus haut pour les amplitudes annuelles des niveaux moyens mensuels. Le débit est passé à Kehl de 380 mc. à 5.000 mc., à Mayence de 750 à 7.500, à la frontière hollandaise de 780 à 12.000. Mais les variations du niveau ne sont pas uniquement fonction du débit : elles dépendent en un point donné de la forme du lit et de la forme des rives.

Voici l'amplitude des écarts extrêmes du niveau du Rhin observée jusqu'ici.

Bâle	6m 61
Strasbourg	5 81
Maxau	6 69
Mannheim	7 54
Mayence	6 17
Caub	8 63
Coblence	9 52
Cologne	9 52
Ruhrort	7 75
Nimègue	7 33

Les grandes inondations, comme les plus bas niveaux observés, ont lieu pendant la saison froide, de décembre à mars.

La propagation des crues le long du fleuve se fait à peu près à la vitesse du courant; elle augmente avec le débit et la pente, et décroît si la section transversale s'élargit.

En moyenne, de Bâle à Bingen, elle va de 8 km. 2 à 3 km. 4 à l'heure, de Bingen à Emmerich de 7 km. à 5 km. 6.

La vitesse du courant. — La vitesse du courant dépend du niveau du fleuve, de la largeur du lit et de sa pente (celle-ci étant la pente de sa surface et non celle du terrain sur lequel il coule).

L'expérience montre qu'un cours d'eau est difficilement navigable lorsque sa pente est supérieure à 1 p. 1.000. Cette pente est largement dépassée en beaucoup de points du Rhin suisse.

De Bâle à Strasbourg, la pente est supérieure à 1 p. 1.000 seulement sur de courtes distances (1.09 p. 1.000 en moyenne entre Shusterinsel et Rheinweiler sur 15 km., 3 p. 1.000 à la barre d'Istein). En aval de Mannheim, elle n'est plus que de 0,1 p. 1.000. A la traversée du Taunus, elle reprend une valeur de 0,5 p. 1.000, avec, sur 110 m., une valeur de 2,64 p. 1.000 au Bingerloch. Elle ne cesse ensuite de décroître progressivement jusqu'à la frontière hollandaise, où elle est de 0,1 p. 1.000, comme en amont de Bingen.

C'est de la vitesse du courant que dépend l'effort de traction des convois à la remonte, et par suite le prix de revient des transports. Le tableau suivant donne, en mètres à la seconde, la vitesse en différents points du fleuve.

	Basses eaux	Hautes eaux	
Huningue	3m 05	3m 75	(5m à la barre d'Istein)
Brisach	3 16	4 42	
Strasbourg	2 27	2 80	
Spire	1 38	1 80	
Mayence	0 82	1 44	
Caub	1 57	2 19	(3m4 au Binger Loch)
Coblence	1 02	1 91	
Lobith	0 91	1 39	

Ce tableau montre que, en amont de Strasbourg jusqu'à Bâle, la vitesse, même aux basses eaux, est supérieure à 3 mètres, elle est normalement de 4 m. (15 km. à l'heure) et peut atteindre 5 m. (18 km. à l'heure). Ce sont ces vitesses, autant que les faibles profondeurs qu'on rencontre dans ce secteur, qui rendent la navigation commerciale d'un médiocre rendement de Strasbourg à Bâle.

En aval de Strasbourg, sauf au Bingerloch, la vitesse du courant n'atteint jamais 3 m. à la seconde. Les endroits où le courant est maximum se rencontrent à Heerdt, à Urmitz, au Drachenfels, à St-Goar, à Caub, à Lorhausen, au Clemens-Grund, au Niederloch, et surtout au Bingerloch.

IV

La profondeur du fleuve.

Un marin, qui vient naviguer sur le Rhin, est surpris qu'il n'existe pas de cartes de navigation du fleuve, indiquant en tous points sa profondeur, analogues aux cartes dont se servent les navigateurs sur les côtes et dans les grands fleuves accessibles aux bateaux de mer.

Il existe bien les *Schiffahrts und Industriekarte des Rheins*, éditées à Duisbourg. Mais ces cartes, très complètes sur les établissements des rives, ainsi que sur le balisage, les bacs, les ponts, etc. ne donnent pour le cours du fleuve que le tracé en pointillé du chenal généralement suivi.

Le batelier rhénan ne consulte pas du tout ces cartes.

« L'absence de cartes, écrit M. Haelling, Directeur du port autonome de Strasbourg, rend la conduite des bateaux plus difficile qu'elle pourrait ne l'être. Chaque marinier apprenti reçoit de son patron la tradition orale relative aux points de repère. Dresser des cartes serait mettre à la portée de tous, la tradition, et par conséquent supprimer un privilège corporatif ».

La Flotille française du Rhin, pendant l'occu-

pation de la Rhénanie, a dressé des cartes de ce genre, à l'usage de ses propres pilotes, mais ce ne sont que des croquis mnémoniques, et pas du tout des cartes hydrographiques indiquant en détail les profondeurs.

Ces cartes d'ailleurs n'auraient qu'une exactitude momentanée, car les profondeurs sont variables, non seulement parce que le débit est variable, mais aussi parce que les alluvions, que dépose le fleuve, modifient souvent la forme de son lit.

Toutefois, il existe, dans la topographie du lit du Rhin des accidents fixes, fosses et seuils.

Les fosses de plus de 10 mètres de profondeur sont assez nombreuses. On en compte une quinzaine, toutes situées en aval de Mayence. La plus profonde, légèrement en amont de la Loreley, a 28 mètres. Une autre, au voisinage de Heerdt, a 21 mètres.

Quant aux seuils, il en existe plusieurs, en amont de Coblence, qui ne présentent pas des profondeurs de 2 mètres quand les eaux sont basses. Ce sont eux, plus que les fosses, qui intéressent le navigateur, car c'est la hauteur d'eau que l'on trouve sur eux qui règle l'enfoncement à donner aux chalands.

Cet enfoncement est très suffisamment indiqué au marinier sans qu'il ait besoin de consulter des cartes détaillées, par les nombreuses échelles ou indicateurs du niveau qui existent sur les rives du fleuve. Ces échelles, placées à l'origine d'une façon arbitraire, n'indiquent pas directement la profondeurs du chenal : ce sont de simples points de repère, et il faut apporter à leurs indications une correction, différente pour chacune d'elles, pour avoir la profondeur. Il semble qu'il serait facile de modifier la graduation de ces échelles pour leur faire indiquer cette profondeur sans correction. Mais le particularisme des Etats allemands riverains du Rhin, ainsi d'ailleurs que la routine des bateliers, s'opposent à l'adoption d'une mesure aussi simple. Il faut savoir qu'il y a 3 mètres dans le chenal lorsque l'échelle de Mayence marque 1 m. 28, celle de Worms 1 m. 43, celle de Bingen 2 m. 35, etc.

Les corrections à apporter aux indications des échelles sont variables, surtout dans le Rhin supérieur, où le lit du Rhin n'est pas fixe. La hauteur d'eau marquée à une échelle du rivage ne correspond pas à la même profondeur du chenal avant et après une crue. Dans ces régions-là les pilotes doivent aller reconnaître la profondeur du chenal correspondant à une graduation donnée des échelles, et la correction qui en résulte sera valable jusqu'à la prochaine crue.

Au point de vue pratique, on peut s'attendre à trouver les profondeurs minima suivantes, suivant les saisons :

De la mer à Cologne	de 3 m.	à 3 m. 50;
De Cologne à Saint-Goar	de 2 45	2 90;
De Saint-Goar à Bingen	de 2	2 50;
De Bingen à Mannheim	de 2 30	2 80;
De Mannheim à Strasbourg	de 1 70	2 80.

Les bateliers laissent généralement 30 cm. entre la quille de leur chaland et le fond du fleuve, une revanche de 30 cm. comme ils disent. On voit donc que, lorsque les eaux sont basses, on ne peut remonter à Mannheim qu'avec un tirant d'eau de 1 m. 70 et à Strasbourg de 1 m. 40. Et il arrive par sécheresse exceptionnelle, que ces tirants d'eau ne peuvent pas être atteints.

Ces résultats n'ont été obtenus qu'à la suite des travaux de régularisation du fleuve.

La régularisation du fleuve. — Les travaux de régularisation du Rhin, dont les plus anciens remontent peut-être au XIVe siècle, ont deux buts :

1° D'abord, et ce fut le seul but primitivement poursuivi, limiter les inondations du fleuve, mettre à l'abri les cultures et les villages.

2° Rendre le lit du chenal stable et suffisamment profond pour les besoins de la navigation.

On donne parfois aux travaux de la première sorte le nom de travaux de correction, réservant le nom de travaux de régularisation aux travaux qui ont pour but de rendre la navigation plus facile, en fixant le chenal et en l'approfondissant.

Pour le Rhin, sauf dans la région montagneuse du Gebirge, où les rives sont escarpées, le lit majeur avait souvent plus de 10 km. de large[1]. Aux hautes eaux, le fleuve, sortant de son lit mineur, envahissait la plaine, créait des îles nouvelles, et mettait en danger les villages ou les villes riveraines, qui, comme nous l'avons signalé, s'installaient, dans les régions particulièrement menacées, à plusieurs kilomètres du fleuve.

Pour limiter la zone envahie par les crues, on a construit, tout le long du fleuve, et à des distances de ses rives habituelles pouvant atteindre 1.500 mètres, des digues, dont la partie supérieure dépasse les plus hautes eaux connues, et qui fixent ainsi le lit majeur. Ces digues ont isolé du fleuve de nombreux bras, qui sont devenus des bras morts, ou des « vieux Rhin » (*alt Rhein*); en cas de fortes crues, pour en diminuer l'impétuosité, le fleuve peut encore s'y répandre par des ouvertures ménagées dans les digues. A l'abri des digues, de vastes terrains, autrefois ravagés par les crues, ont pu être cultivés.

Les travaux de correction du lit mineur ont été beaucoup plus complexes.

1. Le *lit majeur* d'un fleuve est le lit atteint aux plus hautes eaux. Le *lit mineur* est le lit du fleuve en temps normal.

On a d'abord donné au fleuve un tracé fixe et plus court en supprimant de nombreuses boucles, de nombreux lacets, qui non seulement avaient l'inconvénient de changer de forme après chaque crue importante, mais qui présentaient des courbures prononcées, rendant difficile la navigation des longs convois à la remorque.

Parmi les raccourcissements les plus importants, on peut citer celui de Rheinsheimer, en amont de Spire, qui remplaça par un canal de 1.500 mètres, une boucle de 8.500 mètres; à Erfelden, entre Mannheim et Mayence, un raccourcissement de 10 kilomètres fut réalisé; entre Strasbourg et Bâle, la voie d'eau fut raccourcie de 81 kilomètres.

Ces raccourcissements ont bien eu pour résultat de fixer les rives du fleuve; ils ont aussi augmenté la vitesse du courant. L'augmentation de vitesse du courant a eu dans bien des cas l'avantage escompté d'approfondir le chenal et d'empêcher la formation de bancs de sables et de graviers; mais elle a eu l'inconvénient, au moment où furent réalisés les premiers travaux de régularisation, de rendre plus difficile, et même parfois impossible, la remontée du fleuve avec les moyens de halage à bras d'homme ou à chevaux dont on disposait uniquement à l'époque. Il fallut attendre la mise en service de remorqueurs à vapeur puissants pour reprendre la navigation en amont de Mannheim, où le courant atteint normalement 6 à 8 km. à l'heure, et dépasse cette vitesse en amont de Strasbourg.

L'établissement de rives fixes ne suffit pas à donner au fleuve la profondeur désirée. Il fallut réduire la largeur du chenal pour conserver au courant du fleuve une puissance d'affouillement suffisante. On construisit dans ce but des épis perpendiculaires au rivage, qui ne laissent au fleuve qu'un passage déterminé où le courant a assez de force pour empêcher le dépôt des alluvions, dépôt qui ne se produit normalement qu'entre les épis. Lorsque ces épis ne suffisent pas à fixer le chenal, on établit des digues parallèles au courant, reliées aux rives par des traverses. Par des digues analogues, on ferme le passage des eaux dans les bras secondaires, on relie les îles aux rives principales.

Tous ces travaux ne furent réalisés que par à-coups, dans le courant du siècle dernier. D'abord il fallut établir une entente à leur sujet entre les états riverains, et cette entente ne fut pas facile. Les populations soulevèrent des objections dont la plus curieuse fut celle des vignerons du Rheingau, qui prétendirent que la réduction du plan d'eau du Rhin nuirait à leurs vignes, en supprimant une partie des rayons réfléchis du soleil.

Puis les travaux primitivement réalisés ne se montrèrent pas tous efficaces. Quelques-uns même se révélèrent nuisibles par les affouillements qu'ils déterminèrent. Au début, il fallut tenir compte des moyens de halage employés sur les rives, pour ne pas établir d'ouvrages, tels que des épis par exemple, qui auraient rendu ce halage difficile. Dans certain cas (à Istein, par exemple, en aval de Bâle), le courant plus fort, en érodant le fond du fleuve fit apparaître des seuils rocheux qui émergèrent de plus en plus.

Les épis et autres ouvrages de correction ne suffirent pas d'ailleurs à atteindre le résultat cherché. Il fallut en bien des cas approfondir le lit du fleuve par des dragages, qui se poursuivent continuellement. Il fallut aussi procéder à des dérochements dans le Gebirge, et faire sauter à la mine les rochers qui obstruaient le fleuve. Travail qui ne fut vraiment efficace que lorsqu'on eut à sa disposition des explosifs puissants, tels que la dynamite. Ce ne fut qu'en 1900 que de Bingen à St-Goar, on obtint un chenal de 2 mètres de profondeur aux eaux moyennes, alors que les premiers travaux de dérochement avaient commencé en 1830. Il avait d'ailleurs fallu tâtonner pendant assez longtemps pour trouver une formule d'équilibre : un approfondissement trop prononcé du Bingerloch aurait en effet l'inconvénient de vider le Rhin en amont, et d'aller ainsi en sens inverse du résultat cherché.

L'entretien de tous ces travaux de régularisation doit être constant, et coûte encore par an une dizaine de millions de marks. On voit que le Rhin navigable n'est pas un simple cadeau de la nature, c'est autant le résultat des efforts tenaces des hommes.

Le Balisage. — En principe le chenal est balisé en aval de Mannheim, par des balises ou des bouées peintes de couleurs conventionnelles, rouge pour celles que le bateau montant doit laisser à droite, noire pour celles qu'il doit laisser à gauche. Mais sauf en Hollande où ce balisage est très soigneusement entretenu, il ne faut pas trop compter sur lui, car il peut être enlevé par les crues, les glaces, les trains de bois, ou encore les mariniers maladroits. Le balisage est enlevé par les services fluviaux lorsqu'on craint une débâcle de glaces.

Le marinier rhénan, qui tient d'ailleurs à conserver le monopole de la navigation sur son fleuve, n'insiste pas trop pour que le balisage soit toujours maintenu en état, ce qui rendrait la navigation trop facile. Nous avons rencontré le même état d'esprit dans les rivières d'Afrique : souvent les pilotes indigènes étaient les premiers à détruire les balises, qui rendaient leur science inutile.

Le balisage du Rhin n'est pas lumineux. C'est encore une surprise de constater que l'on ne navigue pas la nuit sur ce grand fleuve, alors que ce serait très facile s'il existait quelques points de repère éclairés.

V

La Flotte rhénane.

Les caractéristiques essentielles du Rhin, au point de vue de la navigation, sont les suivantes, ainsi que nous l'avons indiqué dans les articles précédents :

1° Le chenal est large et sans écluses ;

2° Le courant est assez fort ;

3° Les ponts ont des arches élevées et larges ;

4° La profondeur est variable, et souvent inférieure à 2 mètres.

Soixante millions de tonnes (67 millions en 1927) sont transportées annuellement sur le Rhin par une flotte de 12.000 bateaux de toutes sortes, qui peuvent se classer en 5 catégories principales :

Les chalands ;

Les chalands à propulseur ou bateaux porteurs ;

Les remorqueurs ;

Les bateaux à passagers et de plaisance ;

Les barques à voiles.

Il faut mettre à part, car ce ne sont pas à proprement parler des bateaux, les radeaux de bois.

Les chalands. — On rencontre actuellement sur le Rhin des chalands de tonnage très varié. Leur capacité totale de chargement atteint 6 millions de tonnes. Environ 7.000 chalands ont plus de 300 tonnes et 2.500 plus de 750 tonnes.

Le type le plus courant, et qui est par suite le véritable chaland rhénan, est le chaland d'un tonnage voisin de 1.500 tonnes. C'est un chaland de 80 à 85 m. de longueur, 10 à 11 m. de largeur, 2 m. 50 d'enfoncement. Le rapport de la longueur à la largeur oscille autour de 8 ; le rapport de la longueur au creux est de 30 à 35 (il est de 12 sur les navires de mer). Il y a sur le fleuve près d'un millier de chalands dont le tonnage est compris entre 1.200 et 1.700 tonnes. Dans l'avenir les chalands de ce type ne font que se multiplier, car ce sont ceux qui ont accès au canal du Rhin à Herne, qui traverse le bassin houiller westphalien, et qui vont directement charger les charbons aux mines de la Ruhr.

Les deux plus grands chalands actuellement en service sont : un chaland de 3.580 tonnes, long de 123 m., large de 14 et de 2 m. 85 de tirant d'eau ; un chaland de 4.322 tonnes, de 130 m. de longueur, de 14 m. 30 de large, de 3 m. de tirant d'eau. Il n'y a que 7 chalands qui dépassent 3.000 tonnes, et il ne semble pas que ce type de très grand chaland ait des chances de se généraliser.

Le chaland rhénan est solidement construit en acier. Ses extrémités surélevées sont bien défendues contre les remous des grands remorqueurs à roues. Attelé à des remorqueurs puissants, et obligé de lutter contre des courants assez violents, il est construit assez fin ; son coefficient de finesse, c'est-à-dire le rapport du déplacement en charge au prisme construit sur ses trois dimensions : longueur, largeur, tirant d'eau, est compris entre 0,8 et 0,9 (il est de 0,95 à 0,99 sur les péniches de canaux).

L'étrave et l'étambot sont verticaux, et celui-ci est débordé sur l'arrière par un couronnement arrondi, supportant l'appareil à gouverner mu à la main par une grande roue horizontale. Le safran du gouvernail est très grand et peut être encore augmenté par un volet mobile.

De l'avant à l'arrière des cloisons verticales, séparent le chaland en cales distinctes, dont chacune a une longueur de 5 à 7 mètres. Ces cales sont largement ouvertes par des panneaux qui occupent presque toute la largeur du bateau et dont la fermeture est étanche.

Ces grandes cales, sans aucune épontille et sans aucun renfort susceptible de les encombrer, rendent le chaland assez fragile. Le marinier doit exercer une surveillance constante pour équilibrer son chargement : un chaland qui aurait ses cales du milieu pleines et ses cales des extrémités vides se casserait immédiatement.

A l'avant on trouve le logement de l'équipage : 1 matelot sur les chalands de moins de 500 tonnes, 4 matelots sur ceux de plus de 3.000 tonnes ; à l'extrême arrière le logement du patron, complété par un roof construit au-dessus de la cale arrière.

Un chaland rhénan bien entretenu peut être en service pendant 60 ans.

Le chaland pétrolier. — Parmi les types divers de chalands qu'on rencontre sur le Rhin, les chalands pétroliers méritent une place à part, car leur nombre augmente d'année en année. Ils sont en acier, très solidement construits pour résister aux pressions du chargement liquide, divisés en citernes étanches, qu'un système de tuyautages sur le pont permet de vider et de remplir séparément. Le pont est recouvert d'un revêtement en bois pour diminuer l'échauffement. Deux cofferdams remplis d'eau séparent les citernes du logement de l'équipage et de celui du patron.

Le tonnage des chalands pétroliers varie de 1.200 à 3.000 tonnes. Le plus grand a 117 m. de longueur, 13 m. 60 de large, 2 m. 72 d'enfonce-

ment au chargement de 3.000 tonnes. Ses deux pompes peuvent débiter 400 tonnes à l'heure.

Les bateaux porteurs. — Le remorquage étant à très bas prix sur le Rhin, il n'y a pas intérêt à doter les chalands de moyens propres de propulsion, qui resteraient d'ailleurs inutilisés pendant les stationnements dans les ports pour les opérations de chargement ou de déchargement (ces stationnements sont normalement d'une dizaine de jours pour un chaland de 1.500 tonnes).

Toutefois, quelques chalands rhénans, au nombre de 250 environ, sont munis d'un propulseur.

Leur avantage est de marcher à une plus grande vitesse que les convois remorqués, et d'assurer ainsi le transport plus rapide de certaines marchandises.

Ils arrivent à couvrir la distance Anvers-Strasbourg en 84 heures de navigation, soit en 7 jours, car on ne navigue pas de nuit sur le Rhin. Les convois remorqués mettent au moins deux fois plus de temps.

Ces porteurs ont une capacité de chargement de 400 à 1.300 tonnes. Leur propulseur est à vapeur. Quelques-uns cependant, de plus en plus nombreux, utilisent des moteurs à explosion, bien qu'à priori il semble paradoxal d'utiliser, sur un fleuve charbonnier comme le Rhin, un autre combustible que le charbon. Mais le moteur Diesel présente de tels avantages : diminution du poids de l'appareil moteur, de la main-d'œuvre, de la consommation, grand nombre de tours permettant l'emploi d'hélices relativement petites, et par suite un tirant d'eau réduit, que, même sur le Rhin, il concurrence la machine à vapeur.

Les remorqueurs. — Le seul mode de traction de chalands sur le Rhin est le remorquage. Le halage à chevaux, très pénible à la remontée, n'existe plus depuis longtemps. Le touage à chaîne n'est utilisé que sur quelques affluents.

Les remorqueurs du Rhin sont de deux types : les remorqueurs à roues et les remorqueurs à hélice.

Les dimensions usuelles des remorqueurs à roues sont : longueur 70 à 80 m., largeur hors tout 19 à 22 m., tirant d'eau en charge 1 m. 20 à 1 m. 50.

La machine est au milieu, les deux roues sont commandées par le même arbre et ne sont pas indépendantes l'une de l'autre. Les roues sont à aubes articulées, c'est-à-dire que les aubes sont munies d'un système d'articulation qui les maintient dans une position à peu près verticale pendant qu'elles agissent sur l'eau. Les remorqueurs les plus puissants ont de chaque bord deux roues juxtaposées, ce qui a permis d'augmenter la surface portante des aubes sans augmenter d'une façon trop considérable l'échantillonnage des pièces qui les supportent. Le diamètre des roues est de 2 m. 70 à 3 m., et leur vitesse de rotation de 35 à 40 tours à la minute.

Le compartiment de la machine est encadré à l'avant et à l'arrière par les compartiments des chaudières. Les soutes à charbon sont contiguës aux chaudières et les logements du personnel sont aux extrémités du bateau.

La puissance des remorqueurs varie suivant le service qu'ils ont à assurer. Les plus modernes ont une puissance de 1.500 à 1.700 chevaux, et un équipage d'une quinzaine d'hommes.

On admet qu'un cheval-vapeur de remorqueur remonte de Strasbourg à Bâle 0 tonne 6, de Mannheim à Strasbourg 1 tonne 5 à 1 tonne 75, 4 tonnes dans la traversée des monts, 7 tonnes partout ailleurs.

Le remorqueur à hélice est de dimensions beaucoup plus réduites que le remorqueur à aubes. Mais il a un tirant d'eau plus fort, qui dépasse parfois 2 m. Le remorqueur à hélice, assez fréquent jusqu'à Strasbourg, se rencontre surtout en aval de Mannheim; en aval de Ruhrort il n'y a plus que des remorqueurs de ce type, car la profondeur du chenal ne s'oppose pas à l'emploi de ces remorqueurs à fort tirant d'eau. Leur puissance est de 500 à 600 chevaux en général, au maximum de 1.400. Beaucoup d'entre eux ont deux hélices. Les hélices tournent dans une cage ou dans une voûte pratiquée à l'arrière du navire, afin que leur rendement ne soit pas diminué lorsqu'elles travaillent à fleur d'eau : la voûte en effet se remplit d'eau dès que l'hélice est en marche.

Le remorquage des chalands. — Les remorqueurs ont généralement 6 remorques, enroulées sur des tourets placés à l'avant du bateau par groupes de trois de chaque bord. Un moteur à vapeur actionne ensemble ou séparément ces tourets. Les remorques passent chacune dans un stoppeur, qui les bloque à la longueur voulue et leur sert de point d'attache en cours de route.

A la montée, chaque chaland remorqué a une remorque spéciale, bridée simplement sur les chalands qui le précèdent, afin d'empêcher les remorques de traîner sur le fond, à l'exception cependant du chaland le plus près du remorqueur qui est remorqué indépendamment des autres.

L'intervalle entre le remorqueur et le premier bateau remorqué ne doit pas dépasser 120 mètres, sauf quand il n'y a qu'un seul bateau remorqué : dans ce cas, l'intervalle peut atteindre 200 m.

L'espacement des chalands entre eux est de 30 à 50 mètres et ne doit pas excéder 80 mètres.

Les convois descendants ne comprennent le plus souvent que quatre chalands, jamais plus de six, et deux seulement en amont de Strasbourg. Les chalands sont accouplés, les chalands chargés, s'il y en a, en tête, les remorques passées en croix. L'intervalle entre les chalands est d'une vingtaine de mètres; entre les remorqueurs et les deux premiers chalands, il varie de 25 à 60 mètres, étant d'autant plus faible que le chenal à parcourir est plus étroit ou plus sinueux.

Les bateaux à passagers et de plaisance. — Les vapeurs à passagers, très nombreux sur le Rhin en aval de Mayence (une soixantaine environ) sont de types divers. Entre Mayence et Cologne et Duisbourg, ils sont généralement à roues; les plus grands ont une longueur de 80 m., une largeur de 17 m., un tirant d'eau de 1 m. 30, une puissance de 1.250 chevaux. Leurs roues ont un diamètre de 4 m. et tournent à 45 tours par minute.

La vitesse de ces navires est d'une vingtaine de kilomètres à l'heure à la descente, 12 kilomètres à la montée.

Plusieurs d'entre eux peuvent prendre plus d'un millier de passagers. Quelques-uns transportent aussi des marchandises (300 tonnes). Quelques bateaux à passagers, plus petits, sont à moteurs Diesel.

Les bateaux de plaisance sont, eux aussi, d'un type très varié, depuis le simple canot à voiles jusqu'aux luxueux houseboats.

Les vapeurs de mer. — Les navires de mer remontent le Rhin jusqu'à Cologne. Il en existe une soixantaine qui relient le Rhin soit aux autres ports allemands Emden, Brême, Hambourg, soit aux ports de la Baltique, Dantzig, Stettin, Königsberg, soit à Londres. Ce sont des bateaux qui peuvent porter un millier de tonnes de marchandises (le plus grand en porte 1.900 tonnes). Le tonnage total du commerce maritime rhénan (Rotterdam à part) s'élève à 500.000 tonnes.

Les bateaux à voiles. — Les bateaux à voiles, autrefois très fréquents sur le Rhin, ont à peu près disparu en amont de Cologne. On ne rencontre plus, dans cette partie du fleuve, que des barques de pêche à voiles, et elles sont rares. Sur le Rhin inférieur au contraire, les bateaux à voiles sont encore assez nombreux. Ce sont des bateaux hollandais à deux mâts, appelés *aak* ou *kast*, d'une portée de 400 tonnes, longs de 45 m., et de 2 m. de tirant d'eau. Ils sont munis par le travers de deux dérives ou driveurs, panneaux de bois verticaux articulés le long de la coque, et qu'ils laissent tomber dans l'eau pour naviguer vent de travers ou au plus près.

Les radeaux de bois. — On constitue environ par an une centaine de radeaux de bois, qui, presque tous, sont remorqués par des vapeurs. Ce flottage n'existe pas en amont de Mannheim. Les plus grands radeaux comprennent 2.500 à 3.000 tonnes de bois, les plus petits 200 tonnes. Le flottage se chiffre dans les ports rhénans à 200.000 tonnes de bois par an. Sur le Main, le flottage atteint 150.000 tonnes.

Difficultés de la navigation sur le Rhin. — Les difficultés de la navigation sur le Rhin sont plus grandes qu'on ne le croit généralement. Ces difficultés sont dues :

au courant, qui rend certaines manœuvres très délicates surtout pour les bateaux descendants; aux nombreux écueils, bancs de sable et graviers, qui, en plusieurs endroits, rendent le chenal praticable très étroit et très sinueux;

sur le Rhin supérieur s'ajoute l'incertitude de la situation exacte de ces bancs, qui se déplacent après chaque crue;

à la longueur des convois, qui dépasse souvent 500 mètres;

enfin à la densité de la navigation : il n'est pas rare qu'il y ait dans la largeur du fleuve 3 convois qui se croisent ou se rattrapent.

D'après les statistiques de la Commission centrale du Rhin, qui ne relèvent que les accidents les plus importants, il se produit par an sur le fleuve 250 accidents, causant la perte complète de plus de 30 bâtiments, et la mort d'une dizaine de personnes.

La plupart de ces accidents sont dus à des échouages, à des abordages, à des avaries au passage des ponts.

La construction relativement frêle de tous les bateaux rhénans rend les accidents toujours assez graves, et il n'est pas rare qu'un chaland ou un remorqueur échoué et en porte-à-faux se casse aussitôt en deux.

En outre des accidents que relève la commission centrale, il en existe quotidiennement d'autres de moindre importance. Parmi ceux-ci, les plus fréquent sont dus à l'entraînement des masses d'eau du fleuve par les bateaux qui vont trop vite dans les parages peu profonds : ces entraînements d'eau cassent les remorques ou les amarres des bateaux voisins. Aussi doit-on à tout instant non seulement se préoccuper des règles d'abordage habituelles, mais encore de la hauteur de l'eau.

On peut dire sans exagération que dans certains secteurs du Rhin, la navigation est de l'acrobatie.

La nationalité de la Flotte rhénane. — La

proportion du tonnage allemand dans la navigation du Rhin est d'environ 45 p. 100, celle du tonnage hollandais 35 p. 100, celle du tonnage belge 12 p. 100, celle du tonnage français 7 p. 100, du tonnage suisse 2 p. 100.

Les chalands allemands, au nombre de 3.400, représentent un tonnage de 2.700.000 tonnes, les chalands hollandais 2.100.000 tonnes, les chalands belges 800.000 tonnes, les chalands français, au nombre de 260, représentent un tonnage de 350.000 tonnes.

520 remorqueurs portent le pavillon allemand, dont 57 ont une puissance supérieure à 1.000 chevaux; 540 remorqueurs sont hollandais, dont un seul a une puissance supérieure à 1.000 chevaux; 83 remorqueurs sont belges; 53 français, dont 11 ont une puissance supérieure à 1.000 chevaux.

La flotte française rhénane dont nous venons de parler, chalands et remorqueurs, provient presque en totalité des cessions faites par l'Allemagne à la France en vertu du traité de Versailles.

Les 60 bateaux à passagers sont tous allemands, à l'exception de 4 qui sont hollandais.

Le personnel de la Flotte rhénane. — On estime à une cinquantaine de mille le nombre des marins qui naviguent sur le Rhin.

Ces bateliers rhénans peuvent se diviser en 4 catégories :

les simples matelots;

les matelots patentés, qui seuls peuvent être patrons mariniers;

les chauffeurs et mécaniciens;

les pilotes.

L'embarquement des simples matelots, qu'ils soient appelés novice, mousse, compagnon, aide-marinier, etc., est à l'agrément du patron du remorqueur ou du chaland; des ordonnances et des règlements de police ont fixé la composition des équipages suivant le tonnage et la puissance des moteurs.

A l'exception des matelots hollandais, qui ne sont soumis à aucune formalité, les matelots rhénans doivent, dès qu'ils sont embauchés, posséder un livret de service sur lequel le patron inscrit les emplois successifs du titulaire.

Nul ne peut être nommé patron d'un bateau naviguant sur le Rhin sans avoir reçu une patente spéciale, délivrée par les autorités des divers Etats représentés à la Commission centrale du Rhin, c'est-à-dire la Belgique, les Etats allemands, la France, l'Angleterre, la Hollande, l'Italie et la Suisse.

La patente n'est délivrée que si certaines conditions d'âge et de navigation sont remplies par les candidats : pour les patrons de bâtiments munis de moyens mécaniques, 7 ans de navigation dont 12 mois au moins sur le fleuve; pour les chalands, 6 ans de navigation.

Des écoles de navigation rhénane, au nombre de huit, permettent de diminuer très sensiblement le temps de navigation exigé pour l'obtention d'une patente de batelier. Il existe à Strasbourg, une école de ce genre pour les bateliers français.

Le pilotage n'est pas obligatoire sur le Rhin. Il existe cependant plus de 300 pilotes, dont 20 Français. Pratiquement, on ne navigue pas sans pilote dans les sections difficiles, comme de Bâle à Strasbourg, de Strasbourg à Mannheim, de Bingen à Saint-Goar. Les compagnies d'assurance exigent d'ailleurs l'emploi des pilotes dans ces sections-là.

Pour obtenir une patente de pilote il faut être patenté batelier et avoir 7 années de navigation sur le Rhin.

La nationalité des bateliers rhénans. — Il serait naturel que la nationalité des bateliers rhénans se répartisse à peu près proportionnellement à l'importance de chaque flotte rhénane. Si cette proportion est respectée en ce qui concerne les Allemands, les Hollandais et les Belges, il n'en est rien en ce qui concerne les Français. La flotte française qui occupe environ 1.500 mariniers n'emploi pas 100 Français. Ce sont des bateliers rhénans allemands qui naviguent sous pavillon français.

Cette anomalie se justifie pour les raisons suivantes :

En 1922, au moment où l'Allemagne a cédé à la France une partie de sa flotte rhénane, il n'existait aucun batelier rhénan alsacien.

Les compagnies françaises de Strasbourg, chargées d'exploiter les bateaux rhénans, ont obtenu que le personnel allemand reste à leur disposition pendant 5 ans. Ce personnel a donné toute satisfaction aux compagnies; il fut fidèle en temps de grève, et il est plus docile que les équipages français. Aussi les compagnies ne mirent-elles pas beaucoup d'empressement à le remplacer par un personnel français, difficile d'ailleurs à recruter.

Les mariniers allemands ont donc été conservés, mais l'Allemagne reste, en définitive, maîtresse de la navigation française sur le Rhin, puisqu'elle fournit plus des 9 dixièmes du personnel, et qu'elle pourrait le retirer à son gré.

L'exploitation de la batellerie rhénane. — La batellerie rhénane est aujourd'hui répartie, pour presque sa totalité, en grandes sociétés.

En Allemagne, 4 cartels principaux se partagent la flotte : ce sont le Kohlenkontor, filiale

du Kohlen Syndicat, qui groupe les principaux établissements miniers de la Ruhr, le cartel prussien, le cartel bavarois, et le cartel badois.

Ces cartels font partie du système de combinaisons dites verticales, actuellement très répandues en Allemagne, qui groupent les sociétés industrielles s'occupant du même champ de production, depuis les matières premières jusqu'aux produits finis, en y comprenant les moyens de transport, les entrepôts et les appareils de déchargement (transbordeurs, grues, etc.). Dans ces combinaisons les moyens de transport, tels que la batellerie rhénane, ne sont que des accessoires, ils n'ont pas à faire par eux-mêmes de bénéfice, ce qui permet de maintenir les frets très bas.

On comprend que, dans ces conditions, la concurrence des sociétés qui gèrent uniquement du matériel flottant soit très difficile, et que le marinier, qui possède un chaland, ne puisse gagner sa vie sans s'affilier lui-même à une de ces sociétés. Ces mariniers propriétaires ont formé un groupement nommé *Jus et Justitia*, pour sauvegarder leurs intérêts corporatifs contre la concurrence des grandes compagnies de navigation. Mais leur existence reste précaire.

En Hollande, en Belgique et en France, les remorqueurs et les chalands sont aussi groupés en sociétés. En France, la Compagnie générale pour la Navigation du Rhin exploite tous les remorqueurs français; les chalands sont répartis en plusieurs sociétés et cet éparpillement est sans doute préjudiciable aux intérêts de la flotte rhénane française considérée dans son ensemble.

La réglementation de la navigation du Rhin. — Le Rhin, traversant plusieurs pays, a dû être soumis à une réglementation très stricte. Péages arbitraires exigés par les seigneurs riverains qui rançonnaient sans pitié les bateliers, relâches forcées dans toutes les villes pour y acquitter des droits exorbitants, monopole des bateliers de chaque Etat pour la traversée de cet Etat, tous ces privilèges ne furent abolis qu'au début du XIX^{e} siècle. Diverses conventions réglementèrent alors la navigation, qui fut considérée comme libre, sous le rapport du commerce.

La convention encore en usage, la convention de Mannheim, date de 1868. Elle a institué dans les pays riverains des tribunaux spéciaux pour la navigation du Rhin, ainsi qu'une *Commission centrale* qui juge en dernier ressort de tous les litiges relatifs au fleuve. C'est la Commission centrale qui est chargée d'unifier tous les règlements des divers Etats et d'établir les ordonnances de police de la navigation valables pour tous.

Le Traité de Versailles a maintenu en vigueur la convention de Mannheim, tout en ordonnant sa revision, afin de moderniser, dans la mesure du possible, la réglementation actuelle un peu routinière. La Commission centrale, dont le siège est désormais à Strasbourg, comprend des représentants de la France, des Etats allemands, de la Suisse, des Pays-Bas, de la Belgique, de la Grande-Bretagne et de l'Italie. L'Allemagne n'a plus la prépondérance à la Commission et la présence de délégués de nations qui n'ont pas d'intérêts directs dans la navigation rhénane fait espérer que les questions soumises à la Commission seront désormais traitées avec impartialité et que le principe de la liberté de la navigation sera strictement maintenu.

VI

Les Ports Rhénans.

Tout le long du Rhin navigable s'échelonnent des ports, dont quelques-uns se classent parmi les premiers ports d'Europe pour l'importance du trafic.

Ces ports comprennent non seulement des quais aménagés sur les rives du Rhin lui-même, mais surtout d'énormes bassins creusés dans l'intérieur des terres et raccordés au fleuve par de larges chenaux. Les quais sont très élevés comme ceux d'un port à marée sur l'océan, car le niveau du fleuve varie, suivant l'état des eaux, sur une grande échelle, qui dépasse 8 mètres.

Sur ces quais sont construits de vastes entrepôts, dans lesquels les chalands, obligés de s'alléger en cours de route par la baisse des eaux, déposent leurs marchandises. La variation du niveau du fleuve oblige d'ailleurs à travailler à force pendant la période des eaux favorables, et à constituer des stocks qui seront écoulés petit à petit au moment des basses eaux.

Très souvent, le long des quais s'installent des établissements industriels, qui reçoivent ainsi directement par le fleuve leurs combustibles et leurs matières premières.

Des grues nombreuses et puissantes, des ponts de transbordement pour charbons, des élévateurs à grains forment l'outillage très moderne, et très approprié au trafic fluvial, de ces ports, que de nombreuses voies ferrées raccordent aux réseaux des chemins de fer rhénans.

Il existe 70 ports sur le Rhin, une quinzaine sur la rive gauche, les autres sur la rive droite. Les plus importants sont, d'amont en aval : Strasbourg, Kehl, Karlsruhe, Spire, Rheinau, Ludwigshafen, Mannheim, Worms, Gustavbourg, Mayence, Coblence, Wesseling, Cologne, Neuss, Dusseldorf, Crefeld, Rheinhausen, Duisbourg-Ruhrort, Walsum, Schwelgern-Alsum, Wesel.

Le trafic total des ports du Rhin, les ports maritimes exclus, est de 65 millions de tonnes.

Le tableau suivant donne la liste des ports dont le trafic a dépassé un million de tonnes en 1928 :

Strasbourg	5.372.000
Karlsruhe	2.141.000
Mannheim-Rheinau	5.828 000
Ludwigshafen	4.110.000
Mayence	1.613.000
Wesseling	2.357.000
Cologne	2.529.000
Dusseldorf	2 018.000
Rheinhausen	2.243.000
Duisbourg-Ruhrort	20.232.000
Ruhrort-Meiderich	1.008 000
Walsum	2.592.000
Schwelgern-Alsum	5.461.000

Le port de Strasbourg. — Le port rhénan de Strasbourg ne date que de 1892. Auparavant, Strasbourg ne figurait pas dans la navigation rhénane, qui s'arrêtait pratiquement à Mannheim.

Le premier port fut le *port de la Porte d'Austerlitz*, creusé le long du canal dit de jonction, qui relie entre eux, et au Rhin, le canal du Rhône au Rhin et le canal de la Marne au Rhin. Il communique avec le Rhin par une écluse de 107 m. de long, 12 m. de large, 2 m. 75 de profondeur, accessible donc aux chalands rhénans.

Le port d'Austerlitz, qui a près de 4 kilomètres de rives utilisables, est surtout un port charbonnier, comprenant d'importantes fabriques de briquettes : l'une d'elles peut fabriquer 65 tonnes de briquettes à l'heure. La briquette de houille est un produit fragile, qui exige un arrimage délicat, et par suite coûteux, à bord des bateaux. Il y a donc intérêt à ne la fabriquer qu'au terminus du transport des charbons par la voie fluviale et c'est pourquoi Strasbourg possède de nombreuses briquetteries.

Le port du Rhin fut terminé en 1901. Il communique directement avec le fleuve, sans passage d'écluse, par le Petit-Rhin, approfondi et élargi.

Il comprend deux bassins, creusés dans l'île de l'Eperon, que le petit Rhin forme avec le Rhin : le *bassin du commerce* (2.800 m. de rives), le *bassin de l'industrie* (2.700 m. de rives).

Le bassin du commerce est surtout affecté au commerce des céréales et aux moulins. Les entrepôts, les moulins et les silos à grains, munis d'élévateurs à grains à godets, et de grues électriques à portiques, peuvent contenir 200.000 tonnes de céréales, et la puissance de mouture des moulins est de 7.000 sacs en 24 heures.

Le bassin de l'Industrie possède divers établissements industriels (forges, constructions mécaniques) et de puissantes installations charbonnières, qui permettent de décharger plus de 500 tonnes de charbon à l'heure, et de stocker 500.000 tonnes.

Les installations dont il vient d'être question existaient avant 1914. Elles ont été complétées depuis 1918 par les suivantes :

Le canal de jonction, qui relie le port d'Austerlitz à l'écluse du Petit-Rhin en longeant les anciens remparts de la ville a été élargi et est devenu le *bassin des Remparts*, beau bassin de 60 m. de largeur et de 1.500 m. de longueur. Ce bassin est particulièrement affecté au chargement des potasses.

Un bassin spécial pour les pétroles, de 900 m. de longueur, a été aménagé au nord du port du Rhin actuel.

Ces premiers travaux, combinés avec l'amélioration des anciennes constructions ont permis à Strasbourg d'effectuer un trafic qui a dépassé, en 1928, 5 millions de tonnes — trafic qui classait Strasbourg, cette année-là, au quatrième rang des ports de France, après Paris, Marseille, Rouen. Mais comme on envisage que ce trafic continuera à se développer encore, pour atteindre dans un avenir assez rapproché 10 millions de tonnes, on a entrepris la construction d'un nouveau port, qui comprendra 6 grandes darses, sera placé au sud de la ville et débouchera sur le Rhin en amont des ponts de Strasbourg à Kehl.

Ces ponts ayant un tirant d'air trop faible pour permettre le passage des bateaux rhénans, le nouveau port communiquera avec le bassin des Remparts par une grande écluse. On envisage d'ailleurs la surélévation des ponts de Strasbourg à Kehl, si le besoin du trafic l'exige.

Le rôle et l'importance du port de Strasbourg. — Le port de Strasbourg doit son importance à deux raisons principales :

1° Il est situé au point où le Rhin cesse d'être commercialement navigable ;

2° Il dessert par un réseau de voies navigables et de chemins de fer commodes tout un arrière-pays, qui s'étend jusqu'à Toul, Epinal, Dijon, Lyon, et qui n'a pas d'autre débouché plus pratique vers la mer.

Strasbourg est avant tout un port d'importation de charbon et de céréales, et un port d'exportation de potasse et de minerais de fer.

Les charbons proviennent surtout du bassin Westphalien de la Ruhr. Mais, le cas échéant, Strasbourg peut importer des charbons anglais, dont le prix rendu à Strasbourg est sensiblement le même qu'à Rouen. Pas moins de 18 départements français ont intérêt, au point de vue des tarifs de transport, à s'approvisionner de char-

bons à Strasbourg, et ces départements consomment plus de 3 millions de tonnes.

Les céréales proviennent d'outre-mer, par les ports d'Anvers et de Rotterdam.

Les potasses proviennent de la Haute-Alsace, et les minerais de fer du bassin Lorrain.

A Strasbourg aboutissent deux canaux importants : le canal de la Marne au Rhin, auquel sont reliés le canal de la Sarre, et le canal de la Moselle, qui aboutira bientôt à Thionville ; le canal du Rhône au Rhin, avec ses embranchements vers Colmar, vers Mulhouse, et vers Huningue, ce dernier permettant à Strasbourg d'être relié en toute saison avec Bâle par voie d'eau, même lorsque le Rhin supérieur n'est pas navigable.

Le trafic du port de Strasbourg. — Le trafic du port de Strasbourg ne cesse de croître. Voici le résultat des dernières années :

1913.....	1.988.000	tonnes
1922.....	1.905.000	—
1924.....	2.730.000	—
1925.....	3.570.000	—
1927.....	4.331.000	—
1928.....	5.329.000	—

En 1928, les entrées (2.758.000 tonnes) sont sensiblement égales aux sorties (2.571.000 tonnes).

Les marchandises ont été transportées à l'entrée à bord de 4.071 chalands et 220 porteurs, à la sortie à bord de 3.946 chalands et 222 porteurs.

Les principales marchandises importées sont, comme nous l'avons signalé, les charbons (1.789.000 tonnes), les céréales (624.000 tonnes) ; les principales marchandises exportées sont les minerais de fer (1.619.000 tonnes), les potasses (572.000 tonnes). Il faut noter en outre à l'importation les pétroles (80.000 tonnes), les matériaux de construction (77.000 tonnes) ; à l'exportation les soudes de Lorraine (139.000 tonnes).

Le port de Kehl. — Le port de Kehl fut construit par le duché de Bade pour faire concurrence au port de Strasbourg et pour lui enlever le trafic destiné à la Suisse ou à l'Italie. Deux grandes darses, l'une de 2.700 m. de longueur, l'autre de 1.700 m. furent creusées avec un débouché dans le Rhin à 2 km. en aval de l'entrée du port de Strasbourg. Une troisième darse fut amorcée, mais elle est restée inachevée. Les 10.800 m. de rives utilisables furent dotés de vastes entrepôts, de silos à céréales, de grues, de ponts roulants de déchargement de charbon, de voies ferrées, afin d'en faire un port rhénan de premier ordre.

Ces installations magnifiques n'eurent pas le résultat escompté, car Kehl n'a pas l'arrière-pays dont dispose Strasbourg : il n'existe pas de ville importante entre le Rhin et les montagnes de la Forêt-Noire, d'ailleurs toutes proches du fleuve, et Kehl n'est qu'une petite ville de 10.000 habitants.

Après la guerre, afin de permettre à Strasbourg d'assurer le trafic que le retour de l'Alsace à la France allait lui procurer, les ports de Strasbourg et de Kehl furent constitués en un organisme unique. Mais ce régime a cessé en 1928. Dans les conditions normales, on peut admettre que le trafic du port de Kehl doit atteindre 500.000 tonnes par an (510.000 tonnes en 1913). Toutefois il est probable que, par tous les moyens, l'Allemagne essaiera de profiter du port de Kehl pour nuire au développement du port de Strasbourg. Diverses ententes économiques conclues avec la Suisse ne paraissent pas avoir d'autre but.

Le port de Mannheim. — Port de transbordement de marchandises dès le début du XIXe siècle, Mannheim, situé au confluent du Rhin et du Neckar n'est devenu un grand port rhénan qu'à partir de 1880, après l'achèvement des travaux de régularisation du Rhin, qui permirent aux chalands de remonter à Mannheim en toutes saisons, avec un tirant d'eau de 2 m. au moins. C'est alors que furent construits les bassins du port, dont l'ensemble ne fut terminé qu'en 1902.

Le port de Mannheim comprend :

1° *Le Rheinhafen*, c'est-à-dire les quais sur le Rhin lui-même qui s'étendent sur une longueur de 4 km. Sur ces quais sont installés des entrepôts, des greniers à grains, des scieries, des moulins, desservis par 42 grues, 7 élévateurs à grains, 6 ponts roulants électriques.

La France dispose, en vertu du Traité de Versailles, de 200 m. de quais, d'un grenier à grains, afin de pouvoir alléger à Mannheim, sans compter sur le bon vouloir des Allemands, les chalands qui ne peuvent remonter jusqu'à Strasbourg avec leur plein chargement.

Au nord de ces quais, de l'autre côté de l'entrée du Mülhauhafen, se trouve le dépôt des pétroles, dont les citernes contiennent 55 millions de litres.

2° *Les quais du Neckar*, sur une longueur de 4 km., où accostent surtout les bateaux qui proviennent du Neckar.

3° *Le Mülhauhafen*, bassin creusé parallèlement au Rhin, long de 2 km., large de 120 m. Il s'ouvre sur le Rhin en aval du Rheinhafen, et communique en amont avec le Rhin par une écluse de 96 m. de longueur et avec le Neckar par le Verbindungskanal (canal de jonction). Sur les quais du Mülhauhafen sont des scieries, des dépôts de charbon, des fabriques de briquettes de houille.

4° *Le Binnenhafen* aboutit au Neckar et se compose de deux bassins parallèles de 500 m.

et de 700 m. de longueur. Il est principalement affecté aux manutentions de charbon.

5° Tous les établissements dont il vient d'être question sont construits entre le Rhin et le Neckar. Le port industriel a été établi sur la rive droite du Neckar dans un ancien bras du Rhin. Il comprend 4 bassins, dont le plus important, *l'Industriehafen* a 6 km. de long. et 300 m. de large.

Le trafic du port de Mannheim se maintient dans les environs de 6 millions de tonnes. C'est surtout un port d'importation. Les charbons occupent la première place. Viennent ensuite les minerais, les fers, les graines oléagineuses, le ciment (à l'exportation), les engrais, les pétroles, les céréales, le sel, le tabac, le sucre.

Le port de Mannheim n'atteindra probablement plus l'importance qu'il avait avant la guerre. Les raisons du déclin sont multiples. Elles sont partiellement la conséquence des corrections de frontière consécutives au traité de Versailles, qui ont privé Mannheim d'une partie de son arrière-pays. L'amélioration du cours du fleuve en amont de Mannheim a détourné au profit de Strasbourg une partie du trafic qui, autrefois, s'arrêtait à Mannheim. Les industries locales, machines agricoles, automobiles, produits chimiques sont toujours très importantes.

Le port de Rheinau. — Le port de Rheinau n'est qu'une annexe du port de Mannheim.

Il s'amorce sur le Rhin à 8 km. en amont de Mannheim et comprend 4 bassins, dont un appartient à la puissante firme Thyssen. C'est avant tout un port charbonnier : le Rheinische Braunkohlen Brikett syndikat y possède des installations importantes. Mais on trouve aussi des fabriques de chaînes, des usines de produits chimiques (les savons Sunlight), des fabriques de celluloïd.

Le port de Rheinau assure chaque année un trafic de 2 millions de tonnes environ. Il a prospéré à côté du port de Mannheim non seulement parce qu'il possède des installations très commodes, mais aussi parce que le trafic de transit en passant par Rheinau bénéficie pour la Bavière, le Wurtemberg et la Suisse d'un raccourcissement des transports par voie ferrée qui, quoique très faible, 8 km., donne une réduction de prix appréciable.

Le port de Ludwigshafen. — Construit sur la rive gauche du Rhin, en face de Mannheim, le port de Ludwigshafen remplit, pour l'arrière-pays situé sur la rive gauche, le même rôle que Mannheim pour l'arrière-pays situé sur la rive droite.

Le port comprend d'abord 5 km. de quais aménagés sur le Rhin lui-même, sur lesquels sont installés de puissants établissements industriels : les usines de produits chimiques Guilini, la Ludwigshafener Walzmühle, et surtout la Badische Anilin und soda Fabrik.

Le *Winterhafen* est la partie la plus ancienne du port.

Le *Luitpoldhafen* a son entrée à 1 km. en amont.

L'outillage du port de Ludwigshafen est très perfectionné ; on y remarque de grands transporteurs aériens électriques, au mouvement incessant.

Le trafic annuel est de l'ordre de 4 millions de tonnes. Comme Mannheim, c'est un port d'importation de charbons et de céréales.

Etant donné le particularisme des Etats allemands, Mannheim, port du duché de Bade ne cesse pas de faire concurrence à Ludwigshafen, port du Palatinat, et d'essayer de nuire à son développement. Malgré cette concurrence, le port de Ludwigshafen est un des rares ports allemands dont le trafic ait augmenté depuis 1913 (2.872.000 tonnes en 1913 ; 4.110.000 tonnes en 1928). Cette augmentation est due au développement considérable de l'industrie dans les environs du port.

Les ports de Duisbourg-Ruhrort. — L'ensemble des trois ports voisins de Mannheim, Ludwisghafen et Rheinau constitue le principal centre d'importation du Rhin. Les ports jumelés de Duisbourg-Ruhrort, au confluent de la Ruhr, sont les principaux ports d'exportation, le principal élément de trafic étant le charbon de la Ruhr.

Tous deux d'origine ancienne, et après des vicissitudes diverses et une longue rivalité, les deux ports de Duisbourg et de Ruhrort, dont la distance à vol d'oiseau est de 1 à 2 km., sont depuis 1905 intimement associés et constituent un organisme unique.

Le port de Duisbourg comprend trois bassins, le port extérieur, le port intérieur, le port parallèle, ayant ensemble 11 km. de rives. L'outillage comprend 20 élévateurs à grains, 30 grues, dont quelques-unes ont une portée de 20 m., et des basculeurs à charbon. Ces basculeurs, ou Kippers, sont des engins spéciaux aux ports charbonniers de la Ruhr ; ils permettent de basculer un wagon entier, et d'en déverser d'un seul coup tout le contenu dans un chaland. Trois hommes seulement suffisent à la manœuvre, et le rendement de chaque appareil est de 300 tonnes à l'heure.

Le port de Ruhrort s'ouvre sur le Rhin juste au nord du confluent de la Ruhr, à 2 km. 5 en aval de l'entrée du port de Duisbourg. Ses bassins, bassin du canal, darses A,B,C, Hafenmund, bassin de l'empereur, vieux port, bassin du chemin de fer ont ensemble 20 km. de rives aménagées. L'outillage comprend en outre des ponts de transbordements, grues, basculeurs de wagon, une quantité

d'épis de déchargement de charbon. Ces épis sont des petites estacades perpendiculaires à la rive et très rapprochées, dont l'extrémité porte une goulotte dans laquelle le charbon est déversé par des wagonnets, pour glisser jusqu'aux cales des chalands.

Le trafic annuel du port de Duisbourg-Ruhrort est normalement voisin de 25 millions de tonnes (28 millions en 1913), dont 15 millions de tonnes à l'exportation, 10 millions de tonnes reçues.

Les exportations portent presque uniquement sur le charbon : on charge de 40.000 à 50.000 tonnes de charbon par jour ouvrable.

Les importations comprennent 4 millions de tonnes de minerais de fer destinées à alimenter la puissante industrie métallurgique du bassin de la Ruhr; près de 2 millions de tonnes de sable, marnes constituant le fondant nécessaire aux usines métallurgiques, et plus de 2 millions de tonnes de céréales et farines pour l'alimentation de la nombreuse population ouvrière.

Le canal de Herne au Rhin. — Le canal de Herne au Rhin, qui débouche à Ruhrort dans le bassin du canal, est une véritable annexe du port de Ruhrort. Ce canal a 58 km. de longueur; il traverse la région minière comprise entre la Ruhr et la Lippe; accessible à des chalands de 1.300 tonnes, il assure un trafic annuel de 19 millions de tonnes. Sur son parcours existent 19 ports, dans lesquels les charbons arrivent directement aux chalands dans les bennes mêmes qui les ont extraits des mines.

Le Gross-Duisbourg. — Le port de Duisbourg-Ruhrort est en train de déborder sur la rive gauche du Rhin, et va bientôt englober les villes de Homberg et de Hamhorn. Le « Gross-Duisbourg » qui résultera de cette expansion aura 800.000 habitants, et sera le plus grand port fluvial du monde.

VII

Les Ports Maritimes.

Les ports maritimes directement reliés au Rhin par des voies fluviales courtes et pratiques sont les ports de Rotterdam, d'Anvers et d'Amsterdam, ce dernier étant d'ailleurs moins important que les deux autres.

Le trafic rhénan de ces 3 ports atteint 37 millions de tonnes, dont 14 millions viennent du Rhin (charbons surtout) et 18 millions sont expédiés vers le Rhin (surtout minerais de fer provenant d'Espagne et de Suède, céréales de Roumanie, des Etats-Unis, de la République Argentine).

Le port de Rotterdam. — Le port de Rotterdam, dont on a fêté en 1928 le six-centième anniversaire, est un des premiers ports du monde. En 1928, le trafic des marchandises a été de 35 millions de tonnes (20 millions à l'importation, 15 millions à l'exportation), alors que le trafic de Marseille n'a pas dépassé cette année-là 9 millions.

Le trafic rhénan proprement dit passant par Rotterdam est de 29 millions de tonnes (14 millions de tonnes venant du Rhin, 15 millions allant vers le Rhin).

Rotterdam est situé à 33 km. de la mer sur la Nouvelle-Meuse, qui se raccorde aux deux bras principaux du delta du Rhin, le Waal et le Lek. Il est accessible aux bateaux de mer par un chenal presque entièrement creusé par la main des hommes, le Nieuwe Waterweg, qui a une profondeur de 10 m. à marée basse. Ce chenal doit être encore approfondi et élargi, de façon à présenter, sur une largeur de 100 m., une profondeur de 11 m. à marée basse, de 12 m. 50 à marée haute.

Le grand avantage de Rotterdam, en ce qui concerne le trafic rhénan, le seul qui nous occupe ici, est de posséder une nappe d'eau spacieuse, où les navires de mer peuvent transborder directement leurs marchandises dans les chalands rhénans, et vice versa.

Parmi les bassins, le Waalhafen, le plus grand du monde, a une superficie de 300 hectares, une longueur de 2.500 m. et sur lui se greffent huit darses de 1.000 m. chacune.

L'outillage du port comprend un grand nombre d'appareils flottants sur chalands, grues de toutes sortes, transbordeurs et élévateurs pour charbons, élévateurs pneumatiques à céréales.

Les élévateurs à grains sont des sortes de châteaux forts d'une vingtaine de mètres de hauteur, construits sur des pontons de 30 m. de longueur et de 10 m. de largeur.

Les transbordeurs de charbon, qui puisent directement le charbon dans les chalands et le déversent par un tapis roulant dans les navires, ont un débit atteignant 1.000 tonnes à l'heure.

Le grand Rotterdam. — En 1929, la ville de Rotterdam s'est annexé huit communes environnantes, si bien que son port s'étendra à l'avenir sur une longueur de plus de 22 km., englobant Schiedam et Wlaardingen, et sur la rive gauche Pernis, où seront creusés de nouveaux grands bassins.

Le port d'Anvers. — Le port d'Anvers est, lui aussi, un des premiers ports d'Europe, avec un trafic annuel de 25 millions de tonnes. Dans ce trafic, il entre normalement 6 millions de tonnes de marchandises en provenance ou à destination du Rhin.

Au point de vue du trafic rhénan, le port d'An-

vers présente deux infériorités notables sur le port de Rotterdam :

1° D'abord la liaison avec le Rhin n'est pas directe. C'est par un détour en territoire néerlandais qu'Anvers communique avec le Rhin ; les bateaux fluviaux, entre Anvers et le Rhin, suivent l'estuaire de l'Escaut jusqu'à Hansveert, sur la côte méridionale de Zuid Beveland ; de Hansveert à Wemeldingen ils traversent l'île de Zuid Beveland par un canal maritime, fermé à chaque extrémité par de grandes écluses ; de Wemeldingen, les bateaux gagnent le Waal dans les environs de Dordrecht par les canaux néerlandais. Les bateaux rhénans ont ainsi une cinquantaine de kilomètres de plus à parcourir pour aller à Anvers que pour se rendre à Rotterdam, avec la sujétion de passer deux écluses. D'autre part, dans cette partie du parcours, la navigation est souvent rendue dangereuse par les tempêtes ; les chenaux ne cessent de s'ensabler, la profondeur est réduite en certains endroits à moins de 2 m. Depuis la fin de la guerre, Anvers s'efforce d'obtenir une voie fluviale plus directe et plus commode avec le Rhin. Le mauvais vouloir de la Hollande ne cesse de s'y opposer.

2° Anvers est l'aboutissement d'un très important réseau ferré et toutes les dispositions de son port ont été prises en vue surtout d'un débarquement et d'un embarquement faciles sur wagons. Des quais très bien aménagés ont été construits, des bassins à flot ont été creusés pour mettre les navires à l'abri de l'important mouvement de la marée (4 m. 20 d'amplitude moyenne), mais Anvers est loin de posséder les nombreux postes d'amarrage en pleine eau et l'important matériel flottant de Rotterdam.

Mais malgré cette infériorité, Anvers ne laisse pas d'être un port maritime rhénan important, dont le trafic fluvial proprement dit dépasse tout le trafic de nos ports du Havre ou de Bordeaux. En effet, les très nombreux navires qui relâchent à Anvers ont intérêt à se réapprovisionner en charbon de la Ruhr, transporté par le Rhin, malgré la proximité des mines belges. D'autre part, les négociants anversois, dont le port en eau profonde est situé à 80 km. à l'intérieur du continent, dans la partie la plus peuplée de l'Europe, sont en relations d'affaires avec le monde entier, et leur esprit d'initiative draine vers leur port toutes sortes de marchandises. Ils n'hésitent pas à prendre à leur charge les frais supplémentaires dus à la liaison insuffisante d'Anvers avec le Rhin. C'est ainsi que le port d'Anvers bénéficie actuellement d'accords particuliers avec le port de Strasbourg, qui permettent aux marchandises à destination de Strasbourg ou en provenance de Strasbourg de passer en franchise à Anvers, alors que, si elles transitent par Rotterdam, elles payent des surtaxes d'entrepôt atteignant une trentaine de francs par tonne.

Le port d'Amsterdam. — Amsterdam est relié au Rhin par le canal de la Merwede, long de 71 km., accessible aux chalands rhénans de 1.500 tonnes, mais coupé de plusieurs écluses qui ralentissent la navigation.

Toutefois Amsterdam a un trafic rhénan qui dépasse 2 millions de tonnes (en 1928, 1.834.000 tonnes provenant du Rhin, 620.000 tonnes expédiées vers le Rhin).

J. Rouch.

BIBLIOGRAPHIE

Le Rhin Politique, Economique, Commercial, par Gaston Haelling (Léon Eyrolles, 1921).
Le Rhin et le Port de Strasbourg, par Marc Lucius (Dunod, 1928).
Notice descriptive et statistique sur le Rhin (Service géographique de l'Armée, 1923).
Le Rhin et la France, par J. Aulneau (Plon, 1921).
Manuel du Batelier du Rhin, par Jean Lhotellier (Strasbourg, 1928).
La Navigation du Rhin (périodique mensuel).
Die Arbeiten der Rheinstrom-Bauverwaltung, 1851-1900 (Berlin, 1901).
Ergebnisse der Untersuchung der Hochwasserverhältnisse im Deutschen Reingebiet (Berlin, 1908).
Guide des voies navigables de la rive gauche du Rhin (Paris, 1919).
Cartes du Rhin et instructions nautiques établies par la Flottille du Rhin.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Villat (H.), *Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.* — **Leçons sur l'Hydrodynamique.** — 1 *vol. in*-8° *de* 296 *pages avec figures. Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1929.

Cet ouvrage constitue la substance des conférences faites par l'auteur à la Sorbonne durant les seconds semestres de 1925 et 1926 dans la chaire de Mécanique des fluides.

Dans la première partie il a cherché à donner une idée assez complète et aussi simple que possible de la théorie des sillages concernant le mouvement d'un solide dans un fluide parfait, théorie édifiée sur les principes posés par Kirchhoff, Helmholtz, Levi Civita et Brillouin. La théorie des sillages est une approximation obtenue en supposant qu'à l'arrière du corps il se forme une plage de fluide au repos par rapport au solide, et les bords de cette plage sont des surfaces de discontinuité, pour les vitesses, s'étendant jusqu'à l'infini. C'est l'exposé de cette question, le développement des principes et des difficultés auxquelles donne lieu la théorie que contient la première partie.

Les caractères de la solution relative aux sillages ne sont pas entièrement satisfaisants. L'expérience fournit trois sortes de régime en allant des faibles aux grandes vitesses : le premier répondant à peu près à la configuration théorique développée précédemment, le 2e au régime des tourbillons ultimes de Bénard Karman, le 3e au régime turbulent. Le premier comporte toujours des tourbillons notables dus à la viscosité du fluide. Il s'ensuit que pour étudier le cas limite du fluide parfait, on peut étudier un fluide visqueux et faire tendre ensuite dans les résultats la viscosité vers 0 — c'est la méthode suivie par Oseen d'Upsal.

La 2e partie de l'ouvrage est donc consacrée aux principes de la théorie d'Oseen basée sur une transformation des équations de l'hydrodynamique en équations intégrales. Les résultats obtenus par Zeilon sont ensuite signalés et des indications données sur l'extension obtenue par l'auteur lui-même dans le cas des fluides limités par des parois fixes.

Le but de M. Villat a été d'exposer les théories dues à divers auteurs et à lui-même à des lecteurs possédant seulement les ressources mathématiques usuelles et cela l'a amené à introduire au début un rappel de quelques propriétés des fonctions analytiques, puis les formules résolvant le problème de Dirichlet dans un cercle ou dans un anneau, enfin une digression sur les fonctions elliptiques et la représentation conforme. En vue d'un exemple à traiter, l'avant-dernier chapitre donne une courte théorie des fonctions de Legendre si importantes en physique mathématique.

Un certain nombre d'exemples poussés jusqu'au calcul numérique ont été développés comme application de la méthode d'Oseen; les résultats concordent mal avec les expériences, mais les résultats expérimentaux trouveront sans doute bientôt une explication rigoureuse au moins dans certains cas.

Le présent volume secondera certainement les efforts des chercheurs dans cette voie, et la meilleure tradition de la maison Gauthier-Villars se retrouve dans sa présentation.

L. Potin.

***

Janet (M.). — **Leçons sur les Systèmes d'Equations aux Dérivées partielles.** — *Fasc. IV des* Cahiers scientifiques *publiés sous la direction de* G. Julia. — 1 *vol. in*-8° *raisin de* VIII-124 *pages. Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, Paris,* 1929. (*Prix, broché :* 30 *fr.*)

Pour découvrir le mode de détermination des intégrales d'une équation aux dérivées partielles on peut se placer au point de vue analytique ou au point de vue de la physique mathématique. Dans le premier cas, les variables peuvent prendre des valeurs complexes, la solution est définie, dans le domaine d'un point donné, par une série entière et son existence démontrée par la méthode des fonctions majorantes. Dans le second cas, les variables sont supposées réelles, et le champ où doit être définie la solution est donné : l'instrument de calcul est l'intégrale définie, soit que l'on se serve d'une méthode d'approximations successives, soit que l'on utilise une méthode de décomposition avec passage à la limite.

Quand on se place à ce deuxième point de vue, les problèmes se posent de façons différentes suivant la nature réelle ou imaginaire des caractéristiques dont la notion résulte de la discussion du problème fondamental que pose l'étude faite au premier point de vue (problème de Cauchy).

La théorie générale des systèmes d'équations aux dérivées partielles doit donc d'abord être abordée localement, et c'est seulement au point de vue analytique local que se place ici l'auteur.

Riquier et Cartan ont montré comment on peut préciser le degré de généralité de la solution d'un système quelconque, et par le théorème de Tresse on peut être immédiatement assuré d'obtenir le degré de généralité.

Après l'étude du calcul inverse de la dérivation, chapitre I, d'une seule équation aux dérivés partielles chapitre II, d'un système du premier ordre à une seule inconnue chapitre III-I, M. Janet étudie la forme canonique de Riquier chapitre III-2. Il met, d'autre part, en évidence, chapitre IV, une autre forme canonique qui a sur la précédente l'avantage

d'avoir une définition indépendante des variables choisies.

Comme exercices, sont ensuite réunies un certain nombre d'applications particulières des théories précédentes et l'ouvrage se termine par deux notes, l'une sur la convergence des développements en série des solutions, l'autre sur les multiplicités caractéristiques des systèmes d'équation aux dérivées partielles.

Une bibliographie sommaire complète le volume qui rassemble les leçons qu'a professées M. Janet à l'Université de Cracovie en avril-mai-juin 1926.

F. MICHEL.

2° Météorologie.

Baldit (A.), *Ancien chef du Service Météorologique du groupe des Armées du Centre.* — **Météorologie et Relief terrestre, Vents et Nuages.** — 1 *vol. grand in-8° de* 328 *p. et* 125 *figures. Gauthier-Villars*, 1930. (*Prix :* 70 *fr.*).

Ce serait une banalité de dire : le relief terrestre a une influence marquée sur les phénomènes météorologiques de tout genre. Mais poser cette question : quelle est cette influence? est un vaste programme d'études dont M. Baldit trace les lignes principales, dessine l'ossature, pourrait-on dire, dans ce volume.

Les progrès de l'aviation obligent la météorologie à faire face chaque jour à des exigences multiples. La navigation aérienne demande en effet des renseignements précis pouvant être traduits en chiffres, mais dans l'état actuel de la météorologie, on ne peut pas encore prévoir exactement, au delà de quelques heures, la hauteur du plafond à une centaine de mètres près, la vitesse du vent à 2 ou 3 mètres près, sur un long trajet aérien, comme il serait nécessaire pour la bonne exécution d'un service régulier de transports par avions.

En dehors des avis de prévision du temps, le pilote est donc amené à attribuer une importance spéciale aux renseignements actuels transmis par les postes échelonnés sur le parcours qu'il entreprend et à tenter de se former du temps qu'il va rencontrer une image aussi proche que possible de la réalité, en mettant en œuvre des données générales.

Il partira pour cela des renseignements météorologiques généraux du jour et il les modifiera par certaines données telles que celles-ci : un vent régulier au-dessus d'une plaine perd son allure tranquille et devient turbulent quand il aborde au delà de la plaine un massif montagneux; tel vent forme sous tel relief des tourbillons ascendants et tel autre des tourbillons descendants.

Mais le passage de la plaine aux massifs montagneux se double de l'action des surfaces boisées, des agglomérations industrielles, des contrées marécageuses, des vastes étendues d'eau, d'une île isolée dans la mer : ici, le vol à voile donne des renseignements précieux. Et le relief du sol a de l'action sur les nuages mêmes. Les aviateurs ont constaté par exemple qu'un plafond nuageux continu subit une diminution de hauteur appréciable lorsqu'on s'approche d'une région présentant un relief, même s'il se réduit à une ligne de collines. Il est donc nécessaire d'examiner méthodiquement comment le relief terrestre crée ou modifie les nappes nuageuses, ce qui amène à classer celles-ci en trois catégories, distinction qui peut donner d'utiles indications sur le temps prochain.

Cette étude des phénomènes locaux et de leurs causes immédiates est, au point de vue de l'auteur, un jalon pour l'avenir, quelque chose comme un plan d'études. Pour nous, c'est un secours précieux à toutes les personnes qui ont à étudier les causes premières des phénomènes météorologiques, qu'ils soient théoriciens ou navigateurs.

R. M.

3° Sciences physiques.

Hollard (A.) et **Bertiaux** (L.). — **Analyse des Métaux par l'Électrolyse** (*4e édition*). — 1 *vol. in-8° de* XVI-232 *pages*, 28 *figures. Dunod, éditeur, Paris*, 1930. (*Prix, broché :* 58 *francs*).

L'électrolyse occupe, comme l'indique le titre, une place importante dans l'ouvrage. Mais cette méthode d'analyse n'est pas exclusive des méthodes volumétriques, gravimétriques, calorimétriques et électrométriques qui trouvent ici aussi leur place quand elles doivent être préférées.

La première partie concerne les principes de l'analyse électrolytique et la classification des métaux d'après l'ordre de leurs tensions de polarisation, puis les méthodes générales de séparation, la qualité des dépôts métalliques et la séparation des métaux entre eux. La deuxième partie est consacrée au dosage des métaux, ceux-ci étant classés en métaux susceptibles ou non de se déposer en solution fortement acide sur une cathode de platine. La troisième partie est relative aux métaux et produits métallurgiques et se termine par deux chapitres; l'un traitant de l'électrolyse rapide avec anode rotative, l'autre à la potentiométrie. La quatrième et dernière partie renferme de nombreux résultats expérimentaux et une note sur la présence des sels complexes d'hydrogène démontrée par les conductivités.

Les laboratoires trouveront dans ce volume des renseignements utiles et des descriptions d'opérations et indications de méthodes qui ne figurent ordinairement pas dans les traités généraux, et qu'ils apprécieront certainement.

M. F.

4° Art de l'ingénieur.

Erpelding et **Goeau-Brissonnière**. — **Organisation et Exploitation des garages.** — 1 *vol. in-8° raisin de* 397 *p., avec* 217 *fig. Ch. Béranger, éditeur. Paris*, 1929. (*Prix, broché :* 78 *fr.* 50).

Il est des facteurs auxquels on ne songe ordinairement pas qui ont, sur le développement et la diffusion du véhicule à moteur une énorme influence et qui n'iront d'ailleurs qu'en s'accentuant, au fur et à

mesure que la motorisation progressera, ce sont les garages et la réparation des voitures.

C'est qu'en effet, aux centaines de mille de véhicules qui circulent en France, il ne faut pas seulement de bonnes routes, il faut aussi de la place pour les loger convenablement, à l'abri de tout risque et des ateliers bien organisés pour les remettre en état dans le minimum de temps au prix le plus réduit avec le maximum de garanties.

On sait combien s'est modernisée la construction automobile; le garage et l'atelier doivent se moderniser également; aussi pour satisfaire une clientèle sans cesse croissante et résister à une concurrence de plus en plus acharnée, les motoristes devront tendre à assurer à leur entreprise le meilleur fonctionnement possible, le succès devant aller à ceux qui, les premiers, auront compris les besoins que fait naître la diffusion extrêmement rapide des véhicules automobiles.

Jusqu'ici, en France au moins, les garages et les ateliers de réparations n'ont pu suivre le mouvement accéléré de l'automobilisme. Pourtant on ne doit pas dire qu'en France il n'existe pas d'ateliers et de garages extrêmement modernes. Mais leur nombre est très restreint et la plupart des entrepri es n'ont de « garage » que le nom, quatre murs et un toit étant considérés comme suffisants; certains ne remplissent même pas les conditions prescrites par la loi. Quant à l'atelier, il ne comporte, la plupart du temps, qu'un outillage rudimentaire.

Actuellement, où la stabilité financière et économique de notre pays semble assurée, et que le progrès reprend son cours normal, l'avenir est à celui qui saura allier l'audace à la méthode.

La méthode, les motoristes la trouveront tout au long des pages de ce volume qui constitue un véritable guide de leur difficile profession. L'un des auteurs est d'ailleurs un technicien, l'autre un juriste, et de leur intime collaboration l'outil qu'ils ont formé est de toute précision et de toute utilité.

Rien de ce qui concerne le garage et l'atelier de réparations, annexe de tout garage, n'est laissé sous silence, dans ces pages. On y trouvera, en effet, les plus amples renseignements sur la construction, les formalités d'installation, l'outillage, le contrat de garage, le paiement des réparations, l'organisation du contrôle du travail, la réglementation du travail, la distribution de l'essence, le dépannage, et les essais, en un mot toute la vie si intense et diverse des garages-ateliers.

Ce volume contribuera certainement au perfectionnement d'une profession qui est à l'avant-garde du progrès mécanique, et les motoristes le consulteront en toute occasion avec profit.

L. P.

*
**

Leduc (Robert). — **Les produits réfractaires.** — 1 *vol. in-8° raisin de* 320 *pages, avec* 185 *figures. Béranger, éditeur, Paris,* 1929. (*Prix, relié :* 82 *fr.*)

On appelle produits réfractaires, les matériaux résistant à l'action d'une haute température. Dans un sens plus général un produit est réfractaire s'il résiste à l'action du feu. Pratiquement, on pourrait nommer produit réfractaire tout produit résistant à une température supérieure à celle de la fusion des produits céramiques ordinaires, soit 1.100° environ.

Les caractéristiques d'un produit réfractaire ne se réduisent pas à sa seule résistance au feu, mais aussi à sa résistance aux réactions chimiques, aux déformations physiques, aux actions mécaniques, etc... etc...

L'auteur pour classer les produits réfractaires appellera produit réfractaire tout corps résistant à une température plus grande ou égale à 1.580° et aux effets physiques, chimiques, mécaniques produits sur lui à cette température. Les produits résistant à des températures moindres, mais plus grandes que 1.100° sont dénommés semi-réfractaires et réfractaires ordinaires.

L'auteur étudie d'abord dans une première partie, les matières premières que sont les argiles, le silice, la bauxite, la magnésie, la chaux, la dolomie, le carborundum, le charbon et le graphite, la chromite.

Une deuxième partie est consacrée aux produits réfractaires qui se présentent le plus ordinairement sous forme de briques; les différents stades de leur fabrication, depuis l'extraction de la matière première, jusqu'à la cuisson et enfin les appareils divers, fours, etc... utilisés par cette industrie.

Une 3e partie traite de l'utilisation de ces produits dans les foyers et fours.

Une 4e partie expose les essais des produits réfractaires.

La 5e partie est relative aux caractéristiques diverses, structure, porosité, perméabilité, résistance aux actions extérieures et chimiques, conductibilité, etc... Enfin la 6e partie est l'exposé des modes opératoires du laboratoire officiel du Syndicat des fabricants de produits céramiques de France.

L'ouvrage se recommande tout à la fois par sa concision et sa présision, et il sera par conséquent un instrument de précieuse information pour les céramistes de l'industrie.

F. Michel.

*
**

Granger (Albert), *Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.* — **La Céramique industrielle.** — 2 *volumes, ensemble* 920 *pages avec figures. Gauthier-Villars, éditeur. Paris,* 1929.

Sous la désignation « d'industrie céramique » on comprend un certain nombre de fabrications qui, quoique produisant des matières de propriétés dissemblables, possèdent suffisamment de points communs pour pouvoir être groupées.

On retrouve, en effet, dans la confection de toutes les poteries, les mêmes séries d'opérations : préparation de la pâte plus ou moins plastique; façonnage de la pâte, cuisson à haute température des

objets façonnés: tel est le cycle opératoire de la céramique.

Les matières premières auxquelles on a recours sont, les unes, mélangées d'eau pour former la pâte : les autres, ne sont introduites dans la pâte que pour lui donner certaines propriétés. Les premières sont appelées « plastiques »; les secondes « antiplastiques » ou dégraissantes. Dans ces dernières, il y a une distinction à faire immédiatement. Les matériaux antiplastiques peuvent être chimiquement inertes dans la masse ou jouer le rôle de fondants.

Le premier volume de ce traité concerne les matières plastiques et non plastiques, les essais de ces matières, l'analyse des pâtes couvertes et couleurs; la préparation des matières premières, de la pâte, le façonnage, le séchage, l'encastage des poteries, la cuisson, les glaçures, couvertes et émaux.

Le deuxième volume traite plus spécialement des terres cuites qui, on le sait, sont le résultat d'une déshydratation des argiles, des produits réfractaires, des faïences, grès et porcelaines, ainsi que de leur décoration.

P. L.

***

Rousselet (L.), *ingénieur-conseil.* — **Mécanique Électricité et Construction appliquées aux Appareils de levage.** — *Tome II.* **Les Ponts roulants à treillis et les Grues à portiques actuels** — *1 vol. de* VIII–752 *pages, 673 fig. et 13 planches. Paris, 1929, Dunod, éditeur. (Prix, broché : 178 fr.)*

Les appareils de levage jouent dans l'industrie moderne un rôle dont l'importance croît sans cesse en raison de la rareté de la main-d'œuvre et de son prix. L'ouvrage de M. Rousselet arrive à un moment où l'industrie française doit persister et intensifier son effort d'abaissement du prix de revient par un renouvellement incessant de son outillage.

Avant la guerre, les appareils de levage, en particulier, n'avaient pas reçu chez nous l'attention qu'ils méritent et il y a une véritable croisade à entreprendre pour faire accomplir à nos appareils de manutention, l'évolution nécessaire. L'auteur était particulièrement désigné pour entreprendre un ouvrage sur la question, en raison de l'action décisive qu'il a eue sur la transformation des engins de manutention dans les Etablissements Schneider.

L'un des grands mérites de ce livre est d'être un traité technologique d'un emploi immédiat et aussi commode que les text books anglais.

Dans le premier volume l'auteur avait tenu à rester dans le cadre des appareils qu'il avait étudiés et fait construire. Dans le présent volume, au contraire, il fait des incursions dans le domaine des différents constructeurs français pour montrer ce qu'ils réalisent d'intéressant en les accompagnant de calculs et de déterminations personnelles, de recherches de coefficients et de constantes permettant d'en faire connaître les conditions essentielles d'établissement.

Ce tome II traite successivement des treuils, des moteurs à vapeur et électriques, des engrenages, des freins, des vis sans fin, réducteurs et roulements à billes, des chaînes, câbles, tambours, suspensions aériennes, des moufles et palans; des opérateurs (divers systèmes de bennes) de la direction et la translation des chariots roulants. Une partie très importante de l'ouvrage est consacrée à l'étude des charpentes de ponts et portiques roulants à treillis (détermination des charpentes de ponts roulants à parois en treillis, chariot s'effaçant entre les poutres, formes tubulaires pour ponts et portiques roulants de grandes et petites portées, chemin aérien pour ponts roulants de parcs et suspensions aériennes, hall recouvrant un pont roulant, silos, portiques et grues à portiques, etc...)

Une des caractéristiques de cette nouvelle édition est l'ampleur particulière donnée par l'auteur à la question des freins et des embrayages dont il étudie les systèmes les plus perfectionnés.

Des spécifications et descriptions d'appareils construits, utilisés actuellement avec un plein succès rendront les plus grands services à tous ceux qui, à un titre quelconque, ont à étudier des projets d'appareils de levage. Les constructeurs, industriels et ingénieurs, les exploitants de mines et carrières, les entrepreneurs de travaux publics, le personnel chargé de l'outillage des ports ne peuvent se dispenser de posséder ce livre qui leur apportera les renseignements les plus complets.

Ainsi que le dit M. Drosne dans la préface du t. I, quiconque a beaucoup vu et quelque peu retenu rencontrera à chaque page du livre, essentiellement utilitaire au sens élevé du mot, de M. Rousselet des occasions de réfléchir, de comparer et par suite d'inventer.

L. Potin.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADEMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 18 Novembre 1929 (fin).

3e Sciences naturelles. — M. **A. Bigot** : *Les récifs en coupole du Cambrien de Carteret et les récifs de* Chlorellopsis. Il serait imprudent d'affirmer que les organismes en coupole et les organismes stromatoporoïdes de Carteret appartiennent au genre *Chlorellopsis*. Mais il est très vraisemblable que ce sont des Algues qui, avec les Archaeocyathidés, ont édifié, dans la mer cambrienne du Cotentin des récifs en coupole comparables à ceux qui ont été édifiés par les *Chlorellopsis* dans les lacs éocènes ou miocènes ou par les *Collenia problfera Walcott* dans les mers cambriennes des Montagnes Rocheuses. — M. **E. Raguin** : *Le faisceau vermiculaire de Zermatt a-t-il son homologue dans la structure géologique de la Haute Maurienne ?* La digitation de l'Iseran Haute Maurienne) est mécaniquement analogue au faisceau vermiculaire de Zermatt, mais avec une moindre extension et à un niveau tectonique supérieur. — M. **J. Thoulet** : *Sources minérales sous-marines.* Au fond des océans actuels, de leur sol côtier ou abyssal, au sein de l'eau ambiante jaillit une multitude de sources, froides ou chaudes, plus ou moins minéralisées Il est donc permis de penser que la salure de la mer, pendant la suite des temps, doit aller en augmentant, quoique avec une lenteur extrême, étant donnée l'abondance de la volcanicité sous marine abyssale — M. **Pierre Dangeard** : *Sur quelques algues iodifères nouvelles.* — MM. **H. Labbé, Heim de Balsac** et **R. Lebat** : *Les théobromols du cacao.* — M. **Emile F. Terroine** : *De la préparation de laits artificiels pour l'élevage du bétail.* Grâce à un mélange de farine fine de manioc, de farine de légumineuses (pois ou soja), d'extrait de malt riche en amylase et de quelques sels, il est possible de préparer un lait artificiel qui peut être rapidement et totalement substitué au lait naturel dans l'élevage du porc, mais qui ne peut l'être que partiellement — 50 pour 10 environ — dans l'élevage du veau. — MM. **André Mayer** et **Georges Nichtia** : *L'eau émise par vaporisation et ses rapports avec les échanges respiratoires chez les Homéothermes. Le rapport* $\frac{H^2O}{O^2}$. Quand la température extérieure est invariable, la quantité d'eau évaporée par un animal a une valeur constante et caractéristique pour un même individu. Il résulte de là que le rapport

$$\frac{\text{HO évaporée}}{\text{O consommé}}$$

est lui-même peu variable et caractéristique. A la température de 18-20°, et au repos, chez les différents mammifères (y compris l'homme) ce rapport est voisin de l'unité. Ce rapport peut servir de témoin des variations de l'émission d'eau dans les différents états physiologiques et pathologiques. Il y a une limite supérieure à l'émission d'eau par évaporation ; il y a de même une limite inférieure et l'on peut ainsi calculer à partir de quelle surproduction de chaleur, ou à partir de quel déficit de production de chaleur, l'animal (lapin) ne peut plus maintenir sa température interne constante. Quand la température extérieure s'abaisse entre + 37° et — 10°, l'animal maintenant fixe sa température interne, le rapport $\frac{H\,O}{O^2}$ baisse d'une façon continue et régulière. — MM. **Lœpper, André Lemaire** et **Jean Patel** : *Sur une méthode d'inscription graphique de la pression du liquide céphalo-rachidien.* Le procédé adopté par les auteurs est d'une très grande simplicité ; il met uniquement en jeu un tambour de Marey, dont la membrane élastique a été renforcée et le style allongé. Ce procédé est identique, dans son principe, à celui de la prise de la pression carotidienne. Il n entraîne qu'une minime déperdition de liquide céphalo-rachidien ; sa sensibilité est très grande, puisqu'on enregistre des variations de pression dues à la respiration et même au passage de l'ondée sanguine. — MM. **Fernand Mercier** et **Jean Régnier** : *Cocaïne gauche et pseudococaïne droite : toxicité comparée et destruction différente par l'organisme animal.* Ces deux corps ont, en injection unique, la même toxicité (0,025 par kilogramme). Mais si on les injecte à intervalles de cinq minutes, il faut, pour obtenir la mort en moins de 2 heures, atteindre une dose sensiblement 2 fois plus grande que la dose précédente, pour la cocaïne gauche, et pour la pseudococaïne droite, une dose sensiblement 5 fois plus grande. La constatation d'une destruction plus rapide pour le chlorhydrate de pseudococaïne droite que pour le chlorhydrate de cocaïne gauche, destruction conditionnant une moindre toxicité, fait prévoir que le premier de ces corps aura, sur son isomère, des avantages importants pour l'utilisation pratique. — M **René Hazard** : *Recherches sur l'antagonisme de la base tropine (tropanol) et de la pilocarpine sur le cœur.* Le tropanol semble lever l'arrêt cardiaque porté par la pilocarpine par excitation du vague, et permettre l'action des accélérateurs. Ces deux alcaloïdes exerçant des actions opposées sur les mêmes appareils doivent être considérés, dans le domaine du vague cardiaque, comme des antagonistes. — MM. **Marcel Mascré** et **Maurice Herbain** : *Influence du formol sur la précipitation des matières azotées des sérums par l'acide trichloracétique.* L'influence du formol sur la précipitation *quantitative* des matières azotées du sérum par l'acide trichloracétique a été bien établie par les auteurs. On admet que l'acide trichloracétique précipite les albumines seules, tandis que l'acide phosphotungstique précipite, avec celles-ci, les peptones, les albumoses, divers composés peptidiques. On doit donc admettre que, en présence du formol, l'acide trichloracétique précipite, avec les albumines, une partie plus ou moins grande des composés azotés intermédiaires entre les albumines vraies et les acides aminés, soit en les modifiant soit, plus probablement, parce qu'une partie de ces composés

est absorbée par le précipité albuminoïdique. — M. **E. Brumpt** : *Cycle évolutif du* Schistozoma bovis (= Bilharzia crassa), *infection spontanée du* Bullinus contortus *en Corse*. L'auteur a constaté, en Corse, que le cercaine du *Schistosoma bovis* est dépourvu de pharynx, comme celui des Schistosomes parasites de l'homme ou d'autres mammifères, et d'autre part que l'hôte intermédiaire de ce ver, en Corse, est le *Bullinus contortus*, hôte habituel de *Schistosoma haematobium* dans le bas sin méditerranéen, en Egypte et dans le proche Orient. — **M. Belin** : *Présence d'anticorps dans le pus d'abcès de fixation*. Les leucocytes des chevaux immunisés contre le tétanos fixent, ou élaborent peut-être, de l'antitoxine tétanique. *In vivo*, en présence de toxine, ils fixent celle-ci jusqu'à neutralisation de l'antitoxine. L'antitoxine dans les conditions d'expériences apparaît dans les leucocytes vers le septième jour. Après destruction les leucocytes abandonnent cette antitoxine au liquide ambiant. Il est possible d'envisager l'utilisation d'une pyothérapie spécifique, dans des circonstances qu'il conviendra de préciser, pour l'obtention d'un état d'immunité passive. — MM. **Charles Nicolle** et **Charles Anderson** : *Les spirochètes récurrents marocains du groupe* hispanicum *ne sont pas séparables en espèce*. Les auteurs ont montré que le spirochète de Mansouria est bien un spirochète récurrent pour l'Homme, et comme, conformément aux conclusions de Delanoë, il est tout à fait voisin du spirochète des terriers de porc-épic, il n'y a pas lieu de créer pour eux une espèce particulière qui se distinguerait de *Sp. Hispanicum* d'Espagne et du Maroc par son absence de récurrence chez l'Homme. On ne connaît donc au Maroc qu'un seul groupe de spirochètes transmis par les tiques, *Sp. hispanicum*.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 20 Juillet 1929 (Suite).

MM. **R. Courrier, R. Kehl** et **R. Raynaud** : *Action des extraits hypophysaire et folliculaire chez la Guenon impubère*. Il est possible de faire apparaître les premiers signes de la puberté, chez un Magot impubère très jeune, au moyen d'un extrait hypophysaire aqueux préparé avec des glandes de Bovins. L'ovaire semble réagir brutalement et libérer en un temps très court une quantité appréciable d'hormone folliculaire. Mais cette réaction ovarienne subit bientôt une évolution anormale, et les phénomènes d'activité génitale disparaissent. — MM. **J.-E. Abelous** et **H. Lassalle** : *Sur l'asthénie consécutive à la destruction des glandes surrénales*. Sur la Grenouille et le Crapaud, la destruction totale des glandes surrénales a comme conséquences fatales, à plus ou moins brève échéance, une asthénie profonde qui va s'accentuant jusqu'à la mort. Cette asthénie a comme cause une autocurarisation par des poisons que ne neutralisent ou ne détruisent plus les glandes surrénales. Ces poisons ont une action curarisante que met en évidence l'hétérochronisme qui apparaît entre le nerf et le muscle. — MM. **H. Busquet** et **Ch. Vischniac** : *La toxicité comparée des sels de bismuth solubles dans l'eau, chez le Lapin et chez le Chien. Rôle de la trémulation ventriculaire dans cette toxicité*. La mort rapide du Chien après l'injection intraveineuse d'une solution aqueuse de sel de bismuth est provoquée uniquement par le phénomène de la fibrillation ventriculaire. Le Lapin, plus résistant à la trémulation cardiaque, supporte des doses beaucoup plus élevées et meurt par un mécanisme différent. — MM. **H.-R. Olivier** et **J. Skladal** : *Contribution à l'étude de l'apnée volontaire au cours de la tuberculose pulmonaire*. 1° Les relations empiriques, établies chez le sujet normal entre la durée de l'apnée volontaire, l'air courant et la durée d'une respiration, ne s'appliquent pas aux tuberculeux pulmonaires. 2° Chez ces derniers, il existe une relation simple entre l'apnée volontaire et l'air courant. 3° Les modifications du volume d'une respiration influent sur la durée de l'apnée volontaire, sauf dans les cas où l'on ne peut suspecter une insuffisance de la circulation pulmonaire. — M. **Ernst A.-H. Friedheim** : *Le potentiel d'oxydo-réduction d'extraits embryonnaires*. La propriété du suc embryonnaire d'augmenter la croissance *in vitro* est, d'une part, largement indépendante de son potentiel d'oxydo-réduction, et, d'autre part, les influences qui diminuent l'activité biologique diminuent également le potentiel oxydo-réducteur. De ces faits l'auteur tire l'hypothèse que la grande labilité des substances actives du suc embryonnaire est due à la facilité avec laquelle elles s'oxydent, soit par l'oxygène de l'air, soit par des systèmes oxydants propres aux extraits tissulaires. Cette hypothèse chimique se place à coté de l'hypothèse physique de A. Fischer, qui attribue l'instabilité des substances activant la croissance à leur structure colloïde. — MM. **C. Levaditi, R. Lépine**, et Mlle **R. Schoen** : *Mutation brusque du virus rabique des rues en une variété particulière de virus fixe*. Le passage simultané d'une même souche de virus rabique des rues sur deux Lapins a permis la création de deux lignées rabiques, profondément différentes l'une de l'autre. Une de ces lignées s'est comportée comme une souche de virus des rues assez facilement, mais progressivement mutable ; l'autre, comme une variété particulière de virus fixe. Tout porte à croire que, dans ce dernier cas, un phénomène de mutation brusque a présidé à la création de cette nouvelle variété de la microsporidie rabique. Le rôle animal dans le déclenchement de ces mutations rapides ou lentes des ultravirus neurotropes apparaît comme étant éminemment important. La mutation est la résultante de deux facteurs, à savoir : d'une part, les aptitudes innées des souches prises en considération, et d'autre part, l'organisme animal leur servant de milieu de culture. — M. **Maurice Delaville** : *Sur le dosage colorimétrique de petites quantités de cobalt et de potassium*. La méthode habituelle de dosage du potassium, à l'état de cobaltinitrite par le permanganate, donne des résultats trop faibles. Le cobalt et, par suite, le potassium, peuvent être dosés colorimétriquement en mettant à profit la coloration verte du chlorure de cobalt en milieu anhydre.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Edit., 1, rue de la Bertauche, Sens.—2-30.